COMPTES RENDUS

(DOKLADY)

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS

NOUVELLE SÉRIE

1937

VOLUME XVI

№ 6

ÉDITION DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
MOSCOU

AVIS AUX AUTEURS

Les «Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS» paraissent tous les dix jours, neuf numéros formant un volume d'environ 500 pages pourvu d'une table des matières.

Les «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de l'URSS» publient des communications courtes précisant l'essentiel des travaux plus volumineux en préparation. Ces articles, ne dépassant pas comme règle dix mille signes typographiques, sont donnés en l'une des trois langues: français, anglais, allemand. Ils embrassent les sciences mathématiques, physiques, naturelles et techniques, reproduisant les résultats de recherches scientifiques actuellement en cours ou à peine achevées qui représentent les plus récentes données de l'investigation scientifique.

Les auteurs ont droit chacun à 25 extraits gratuits.

Les manuscrits doivent être adressés à la Rédaction des «Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS»—Moscou, oulitza Koujbysheva, 8.

25 août

COMPTES RENDUS

(DOKLADY)

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS

COMITÉ DE RÉDACTION

A. Borissiak, de l'Académie, **A. Fersman**, de l'Académie, **A.Frumkin**, de l'Académie, **A. Richter**, de l'Académie, **S. Wawilow**, de l'Académie

NOUVELLE SÉRIE

5-me année

Paraissant tous les dix jours

1937

VOLUME XVI, № 6

TABLE DES MATIÈRES

Pages

MÉCANIQUE

N. Moisseiev. Sur la stabilité et l'antistabilité du troisième type généralisé 291

MÉCANIQUE CÉLESTE

N. Rein. Sur la méthode d'évaluation de la période de la solution du problème restreint de trois corps 295

PHYSIQUE

S. Bellustin. The Influence of Space Charge on a Current in Vacuum . 299

PHYSIQUE DU GLOBE

W. W. Shoulejkin, Corresponding Member of the Academy. On the Theory of Monsoons. II. The vertical distribution of velocities . . 305

GÉOCHIMIE

S. A. Borovik and **T. A. Burova.** Quantitative Spectroscopic Determination of Neodymium and Praseodymium in Minerals 311

CHIMIE

V. G. Tronev und **S. M. Bondin.** Über die Löslichkeit von Edelmetallen bei hohem Druck. III. Einfluss der Temperatur und der KCN-Konzentration auf die Lösungsgeschwindigkeit des Goldes bei hohem Luftdruck 313

V. G. Tronev. Die Verdrängung des Goldes aus Chloridlösungen durch Wasserstoff bei hohem Drucke 317

B. K. Klimov and **E. I. Kazakov.** Carrotin (Provitamin A) in Sapropel . 321

GÉNÉTIQUE

M. G. Tumanian. The Occurrence in Nature of Polyploid Mutations in Wild Monococcal Wheat 325

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

J. V. Rakitin. Flower-Bud Drop in Some Varieties of the Cotton Plant under the Influence of Different Lengths of Day 329

ZOOLOGIE

K. Arnoldi. Lebensformen der Ameisen 335

MORPHOLOGIE EXPÉRIMENTALE

L. N. Zhinkin. Experiments on the Reversion of Polarity during Regeneration in *Lumbriculus variegatus* Müll. 339

PALÉONTOLOGIE

Vera Gromova. Neue Funde der Spätpleistozänen Fauna in Nordkaukasien. 343

Rédacteur en chef A. Fersman. Rédacteur S. Bernstein.

En composition: 27/VII 1937.—En impression: 2/IX 1937.—Nombre de feuilles d'impression 3½ Nombre de caractères par feuille d'impression 65.000.—Pages 289—344. Format du papier 72×110 cm. Tirage 1.300. Moscou. Glavlit B—15354.—Numéro d'édition 748. Numéro typographique 1175.

Imprimerie № 16. Moscou, Trekhproudnij peréoulok, 9.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XVI, № 6

MÉCANIQUE

SUR LA STABILITÉ ET L'ANTISTABILITÉ DU TROISIÈME TYPE GÉNÉRALISÉ

Par N. MOISSEIEV

(Présenté par V. G. Fessenkov, de l'Académie, le 10. VII. 1937)

Soit

$$\frac{dx_k}{dt} = X_k(x_1, x_2, \ldots, x_n), \qquad (k = 1, 2, \ldots, n) \tag{1}$$

un système des équations différentielles du mouvement troublé, admettant une solution triviale

$$x_1 = x_2 = \ldots = x_n = 0. \tag{2}$$

Soit encore $\Phi(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ une certaine fonction donnée du point $P(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ continue et uniforme, satisfaisant à la condition que la famille uniparamétrique des surfaces

$$\Phi(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \Phi \tag{3}$$

est une famille des surfaces fermées, entourant le point (2) et étant équivalente dans le sens topologique au système des sphères concentriques

$$\sum_{k=1}^{n} x_k^2 = r^2. \tag{4}$$

Supposons qu'à la surface (3), dégénerant dans le point (2) même, correspond la valeur du paramètre Φ égale à zéro et que pour toute couple des surfaces (3) (Φ_1) et (Φ_2) les valeurs du paramètre satisfont l'inégalité

$$\Phi_1 < \Phi_2 \tag{5}$$

chaque fois qu' à la surface (φ_1) correspond une sphère (4) du rayon plus petit par rapport au rayon de la sphère (4) correspondant à la surface (Φ_2).

Soit encore M l'ensemble des positions initiales «troublées» du point P et soit $\overline{M}_e$ la partie commune de cet ensemble avec l'intérieur de la surface (3), correspondant à la valeur du paramètre $\Phi = e$. Désignons de plus par M_e la partie de l'ensemble M formée par les points P situés à l'extérieur de la surface (3) $\Phi = e$. Quant aux points de M, situés sur la surface (3) $\Phi = e$ même, nous les supposerons appartenant tant à l'ensemble $\overline{M}_e$ qu'à l'ensemble $\underline{M}_e$. Tous les ensembles dont nous nous

occuperons dans la note présente, sont des ensembles mesurables. La mesure de l'ensemble A sera désignée par le symbole $\mathfrak{M}A$.

Par chacun des points de l'ensemble M passe une trajectoire (ou bien plusieurs trajectoires) du mouvement troublé. Dans ce qui va suivre on considérera seulement de telles parties des trajectoires mentionnées qui correspondent à l'augmentation du temps t de sa valeur initiale t_0, correspondant à la position dans le point P, à $t = +\infty$. [Les semi-trajectoires positives $B_+(P)$].

Considérons l'ensemble de semi-trajectoires positives $B_+(P)$ partant d'un point P de l'ensemble M. Cet ensemble détermine un ensemble de valeurs numériques du paramètre Φ, correspondant aux points des semi-trajectoires $B_+(P)$. Désignons par $\overline{\Phi}(P)$ la borne supérieure et par $\underline{\Phi}(P)$ la borne inférieure de l'ensemble numérique sus-dit. Formons maintenant l'ensemble des nombres $\overline{\Phi}(P)$ correspondant aux points de l'ensemble $\overline{M}_e$ et désignons par

$$\overline{\Phi}(e) \tag{6}$$

la borne supérieure de cet ensemble numérique. De même, désignons par

$$\underline{\Phi}(e) \tag{7}$$

la borne inférieure de l'ensemble de nombres $\Phi(P)$ correspondant aux points de l'ensemble $\underline{M}_e$. Les nombres (6) et (7) sont des fonctions bien déterminées de l'argument e, non-négatives, uniformes et non-décroissantes avec l'augmentation de e. De plus, ces fonctions satisfont toujours aux conditions:

$$\overline{\Phi}(e) \geqslant e \tag{8}$$

et

$$e \geqslant \underline{\Phi}(e) \geqslant 0. \tag{9}$$

Nous nommons (6)—la caractéristique des plus grandes déviations, et (7)—la caractéristique des plus petites déviations du point (2) sur le système topographique des surfaces (3).

Après ces remarques préliminaires nous pouvons énoncer les définitions suivantes:

$S_{3\Phi}(\bar{e}, \bar{\varepsilon})$: La solution triviale (2) du système d'équations différentielles (1) sera dite possédant la stabilité du troisième type généralisé par rapport à l'amplitude des déviations initiales $\bar{e}$ et à l'amplitude des déviations ultérieures $\bar{\varepsilon}$ sur le système de surfaces (3) si la caractéristique des plus grandes déviations $\overline{\Phi}(\bar{e})$ pour les mouvements déterminés par les points de l'ensemble $\overline{M}_{\bar{e}}$ vérifie la condition

$$\overline{\Phi}(\bar{e}) \leqslant \bar{\varepsilon}, \tag{10}$$

$I_{3\Phi}(\bar{e}, \bar{\varepsilon})$: Dans le cas contraire, où l'on a

$$\overline{\Phi}(\bar{e}) > \bar{\varepsilon}, \tag{11}$$

la solution (2) sera dite instable dans le sens indiqué.

$\sim_{3\Phi}(\bar{e}, \bar{\varepsilon})$: La solution triviale (2) du système (1) sera dite possédant l'antistabilité du troisième type généralisé par rapport à l'amplitude des déviations initiales $\bar{e}$ et à l'amplitude des déviations ultérieures $\bar{\varepsilon}$ sur le système de surfaces (3) si la caractéristique des plus petites déviations pour les mouvements déterminés par les points de l'ensemble $\underline{M}_{\bar{e}}$ vérifie la condition

$$\underline{\Phi}(\underline{e}) \geqslant \underline{\varepsilon}. \tag{12}$$

$\sim_{3\Phi}(\underline{e}, \underline{\varepsilon})$: Dans le cas contraire, où l'on a

$$\underline{\Phi}(\underline{e}) > \underline{\varepsilon}, \tag{13}$$

la solution (2) sera dite non-antistable dans le sens indiqué.

Dans le cas particulier de la stabilité et de l'antistabilité du troisième type non-généralisé, quand le système (3) coïncide avec le système de sphères (4), les définitions que nous venons de donner étaient considérées par nous dans un autre article plus détaillé [1]. On a établi dans le même article de certaines conditions suffisantes pour l'existence de la stabilité et de l'antistabilité etc., qui sont analogues aux conditions que la «seconde méthode» fournit à la théorie de la stabilité du premier type (stabilité dans le sens de A. Liapounoff).

Remarquons qu'en introduisant la condition supplémentaire: à la transformation du système de variables $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ dans les équations du mouvement (1) le système de surfaces (3) doit subir la même transformation,—nous obtenons les notions de la stabilité et de l'antistabilité qui sont invariantes par rapport au changement du système de coordonnées. Mais dans le cas où cette condition supplémentaire ne sera pas introduite et où donc nous ne transformons pas le système de surfaces (3) en transformant le système d'équations, alors le même état du mouvement (2) sera tantôt stable, tantôt instable, dans le sens de la définition donnée plus haut, à mesure que nous changerons le système de coordonnées d'une manière quelconque.

Considérons maintenant la question sur les probabilités de la stabilité et de l'antistabilité du troisième type généralisé.

Désignons par le symbole $\overline{M}_e S_3(\bar{\varepsilon})$ l'ensemble de points de $\overline{M}_e$ pour lesquels

$$\overline{\Phi}(P) \leqslant \bar{\varepsilon}. \tag{14}$$

L'ensemble de points de $\overline{M}_e$ pour lesquels on a

$$\overline{\Phi}(P) > \bar{\varepsilon} \tag{15}$$

nous désignons par le symbole $\overline{M}_e I_3(\bar{\varepsilon})$.

Aprés cela nous définissons la probabilité de la stabilité du troisième type généralisé de la solution triviale (2) par la formule:

$$PS_3(\bar{e}, \bar{\varepsilon}) = \frac{\mathfrak{M}\overline{M}_{\bar{e}} S_3(\bar{\varepsilon})}{\mathfrak{M}\overline{M}_{\bar{e}}} \tag{16}$$

et la probabilité de l'instabilité par la formule:

$$PI_3(\bar{e}, \bar{\varepsilon}) = \frac{\mathfrak{M}\overline{M}_{\bar{e}} I_3(\bar{\varepsilon})}{\mathfrak{M}\overline{M}_{\bar{e}}}. \tag{17}$$

Il est aisé de voir qu'on aura

$$PS_3(\bar{e}, \bar{\varepsilon}) + PI_3(\bar{e}, \bar{\varepsilon}) = 1. \tag{18}$$

Prenons l'ensemble $\underline{M}_e$. Les points de cet ensemble pour lesquels sera

$$\underline{\Phi}(P) \geqslant \underline{\varepsilon} \tag{19}$$

nous réunions dans l'ensemble $\underline{M}_e \sim_3(\underline{\varepsilon})$, et les points pour lesquels sera

$$\underline{\Phi}(P) < \underline{\varepsilon} \tag{20}$$

nous réunions dans l'ensemble $\underline{M}_e \backsim_3 (\underline{\varepsilon})$. Après cela nous définissons la probabilité de l'antistabilité du troisième type généralisé pour la solution (2) par la formule:

$$P \backsim_3 (\underline{e}, \underline{\varepsilon}) = \frac{\mathfrak{M}\underline{M}_e \backsim_3 (\underline{\varepsilon})}{\mathfrak{M}\underline{M}_e} \tag{21}$$

et la probabilité de l'absence de l'antistabilité par la formule:

$$P \backsim_3 (\underline{e}, \underline{\varepsilon}) = \frac{\mathfrak{M}\underline{M}_e \backsim_3 (\underline{\varepsilon})}{\mathfrak{M}\underline{M}_e} \tag{22}$$

Il s'ensuit que nous aurons toujours:

$$P \backsim_3 (\underline{e}, \underline{\varepsilon}) + P \backsim_3 (\underline{e}, \underline{\varepsilon}) = 1. \tag{23}$$

On voit donc que la théorie des probabilités de la stabilité du troisième type est plus simple que la même théorie pour le premier type [1]. La cause de cette simplicité est dans l'absence des difficultés attachées au passage à la limite, qui est inhérent à la théorie des probabilités de la stabilité dans le sens de Liapounoff.

Manuscrit reçu
le 10. VII. 1937.

LITTÉRATURE CITÉE

[1] N. Moisseiev, C. R. Acad., Sci. URSS, № 5 (1936).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XVI, № 6

MÉCANIQUE CÉLESTE

SUR LA MÉTHODE D'ÉVALUATION DE LA PÉRIODE DE LA SOLUTION DU PROBLÈME RESTREINT DES TROIS CORPS

Par NATALIE REIN

(Présenté par V. G. Fessenkov, de l'Académie, le 10. VII. 1937)

Dans la note précédente (1), qui était consacrée à la formule de Whittaker (2) pour la détermination de la période de la trajectoire périodique donnée dans le problème restreint de trois corps, nous avons établi des différentes formes de cette formule correspondant au cas de mouvement synodique, direct ou rétrograde, ainsi qu'aux cas où soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de la trajectoire il n'y avait pas de points appartenant à la région de mouvement impossible.

Dans la présente note nous considérons la méthode de la détermination de la période de la trajectoire du problème restreint à l'aide de l'intégrale de Whittaker (2), étendue sur une certaine partie du plan contiguë à la trajectoire en question. Notamment, nous introduisons une formule nouvelle, différente de la formule de Whittaker (2) et plus commode pour les calculs, et nous montrons que cette formule, qui donne la valeur précise de la période dans le cas d'une trajectoire donnée, peut être utilisée pour l'évaluation approchée de cette période dans les cas où la trajectoire n'est pas donnée ni de la manière analytique, ni de la manière numérique et où nous connaissons seulement les bords d'une certaine région annulaire, à l'intérieur de laquelle la trajectoire doit être comprise par tous ses points (3).

Soit B une trajectoire fermée, simple et régulière de problème restreint plan de trois corps, dont les équations de mouvement peuvent être représentées sous la forme

$$\begin{aligned} \ddot{x} - 2n\dot{y} &= U'_x \\ \ddot{y} + 2n\dot{x} &= U'_y \end{aligned} \qquad (1)$$

où n est la vitesse angulaire de la rotation des axes (xy) et où $U = U(x, y)$ est la fonction des forces. Nous appellons l'intégrale de Whittaker l'intégrale de la fôrme

$$I = \frac{1}{2\pi} \int\int \triangle^2 \ln (U + h)\, dxdy \qquad (2)$$

où h est la constante de Jacobi, $\triangle^2$ est l'opérateur de Laplace et ou l'intégration est étendue sur la partie du plan (xy) comprise à l'intérieur d'une ligne fermée régulière.

Considérons une certaine courbe topographique C avec l'équation

$$f(x, y) = \text{const} \tag{3}$$

et admettons que c'est une courbe simple et régulière fermée, avec tous ses points situés soit à l'intérieur soit à l'extérieur de la trajectoire B. Pour fixer les idées convenons que la courbe (3) est située à l'intérieur de la trajectoire B. Admettons de plus que la partie (BC) du plan de mouvement comprise entre la trajectoire B et la courbe topographique C ne contient pas de singularités de la fonction des forces U et de points de la courbe de vitesses-zero

$$U + h = 0 \tag{4}$$

construite pour la valeur de h corespondante à la trajectoire B.

Étendons l'intégrale de Whittaker (2) sur la partie du plan comprise entre la trajectoire B et la courbe topographique C et désignons cette intégrale par le symbole $I_{(BC)}$. Suivant la formule de Green nous avons

$$I_{(BC)} = L_B - L_C, \tag{5}$$

où L_B et L_C sont des intégrales curvilignes de la forme

$$L = \frac{1}{2\pi} \int \frac{U'_x\, dy - U'_y\, dx}{U + h} \tag{6}$$

étendues le long de la trajectoire B et de la courbe C respectivement. Remarquons que le contour entourant la partie du plan (BC) doit être parcouru de la manière que cette partie du plan reste à gauche.

Convenons d'attribuer à h sous le signe de l'intégrale dans les formules (2) et (6) la valeur correspondante à la trajectoire B. Alors, comme il était déjà démontré ([1],[2]), la période synodique T de la trajectoire B et l'intégrale L_B seront liées par la formule

$$L_B = -2 \mp \frac{2nT}{\pi}, \tag{7}$$

où le signe supérieur correspond au cas de trajectoire de mouvement synodique direct, et le signe inférieur au cas de mouvement rétrograde. Ayant égard à la formule (7), nous obtenons

$$\frac{2nT}{\pi} = \mp [2 + L_C + I_{(BC)}], \tag{8}$$

où le signe double a le même sens que nous venons d'expliquer.

La formule (8) peut être appliquée à la détermination de la période de la trajectoire du problème restreint et réduit cette détermination au calcul de l'intégrale curviligne (6) le long de la courbe topographique C et de l'intégrale double (2) étendue sur l'aire de la bande (BC), qu'on peut faire suffisamment étroite par un choix convenable de la courbe topographique. Vu les suppositions faites par nous, cela veut dire que le terme $I_{(BC)}$ entrant dans la formule (8) peut être fait suffisamment petit quant à sa valeur absolue; la partie principale de la période sera alors réduite à deux premiers termes du second membre de la formule (8).

Supposons maintenant que nous connaissons la région annulaire de Whittaker (Ci, Ce) ([3]), à l'intérieur de laquelle la trajectoire B est

comprise. En choisissant pour la courbe topographique le bord intérieur Ci de la zone de Whittaker, nous avons

$$\frac{2nT}{\pi} = \mp [2 + L_{Ci} + I_{(BCi)}] \tag{9}$$

où L_{Ci} est l'intégrale curviligne (6) étendue le long du bord intérieur Ci de la zone et où $I_{(BCi)}$ est l'intégrale de Whittaker (2) étendue sur l'aire, comprise entre la trajectoire B et le bord intérieur C_i de la zone. Si la trajectoire même ne nous est pas donnée, le terme $I_{(BCi)}$ reste aussi inconnu.

De même, en choisissant pour la courbe topographique le bord extérieur Ce de la zone de Whittaker, nous obtenons

$$\frac{2nT}{\pi} = \mp [2 + L_{Ce} - I_{(BCe)}] \tag{10}$$

où L_{Ce} et $I_{(BCe)}$ sont respectivement l'intégrale curviligne (6) prise le long du bord extérieur de la zone et l'intégrale (2) étendue sur l'aire comprise entre le bord extérieur Ce de la zone et la trajectoire B, et qui reste inconnue au cas que la trajectoire ne soit pas connue.

En désignant respectivement par

$$T_i = \mp [2 + L_{Ci}] \frac{\pi}{2n} \tag{11}$$

et

$$T_e = \mp [2 + L_{Ce}] \frac{\pi}{2n} \tag{12}$$

des expressions qui restent connues dans le cas où nous ne connaissons que la zone de Whittaker, nous concluons qu'a la condition que

$$I_{(BCi)} > 0; \quad I_{(BCe)} > 0 \tag{13}$$

ou que

$$I_{(BCi)} < 0; \quad I_{(BCe)} < 0 \tag{14}$$

les valeurs de T_i et T_e nous donnerons l'évaluation supérieure et celle inférieure de la période synodique T. Notamment, en cas de mouvements directs et à la condition (13), ou en cas de mouvements rétrogrades et à la condition (14), nous aurons

$$T_i > T > T_e \tag{15}$$

tandis que la combinaison des movements directs avec la condition (14) ou des mouvements rétrogrades avec la condition (13) nous donnera

$$T_i < T < T_e. \tag{16}$$

Or, en cas que

$$I_{(BCi)} \; I_{(BCe)} < 0 \tag{17}$$

aucune des deux inégalités (15), (16) n'aura lieu et les expressions (11) et (12), en continuant de nous fournir la valeur approchée de la période, cessent de déterminer l'évaluation supérieure et inférieure de cette période.

Il s'ensuit que pour l'évaluation de la période il est important d'examiner le signe de la fonction sous le signe de l'intégrale de Whittaker (2) à l'intérieur et sur les bords de la région annulaire. Et puisque

$$\triangle^2 \ln (U + h) = \frac{(U''_{xx} + U''_{yy})(U + h) - (U'^2_x + U'^2_y)}{(U + h)^2}, \tag{18}$$

la question se réduit à l'investigation de la courbe auxiliaire au moyen de l'équation

$$\Phi = (U''_{xx} + U''_{yy})(U + h) - (U'^2_x + U'^2_y) \qquad (19)$$

que nous désignons désormais sous le nom de la séparante et par le symbole Φ°. La courbe Φ° sépare la région de valeurs positives de Φ, ou la région Φ^+, de la région de valeurs négatives de Φ, ou la région Φ^-. A chaque valeur de h correspond une courbe de la famille (19). Si à l'intérieur de la zone de Whittaker nous n'avons pas de points de la séparante construite pour la valeur de h correspondante à la trajectoire considérée, alors nous pouvons affirmer que la condition (13) ou la condition (14) est remplie et que, par conséquent, l'une des deux inégalités doubles (15), (16) a lieu.

Quant à des propriétés des courbes de la famille (19), il est aisé de voir que les courbes en question doivent être situées à l'intérieur de la région correspondante de mouvement possible et que pour des valeurs correspondantes de h les courbes de la famille (19) passent par les points de libration, y possédant des singularités. En laissant de côté la recherche générale des propriétés de la famille de séparantes, nous nous proposons dans une des notes suivantes de considérer cette question pour des cas différents particuliers du problème de trois corps.

Institut Astronomique Sternberg.
Moscou.

Manuscrit reçu
le 10. VII. 1937.

LITTÉRATURE CITÉE

[1] N. Rein, C. R. Acad. Sci. URSS, XV, 8 (1937). [2] E. T. Whittaker, Monthly Notices, vol. LXII, № 5 (1902). [3] Н. Моисеев, О некоторых общих методах качественного изучения свойств движения в проблемах небесной механики, часть 2—О критериях существования траекторий, не выходящих из границ данной области, Труды ГАИШ (1937).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XVI, № 6

PHYSICS

THE INFLUENCE OF SPACE CHARGE ON A CURRENT IN VACUUM

By S. BELLUSTIN

(Communicated by L. I. Mandelstam, Member of the Academy, 5. VII. 1937)

The dependence of the force of a thermionic current in a vacuum on the potential difference and the distance between the electrodes of an ideal plane-parallel, cylindrical or spherical diode, in the absence of initial velocity and initial field, was studied mainly by Langmuir [1–4]. The solutions of the resulting differential equations were obtained by him in the form of series or approximate formulae *.

In the present note, we examine, for cylindrical and spherical diodes, a more general case of an arbitrary initial field and an arbitrary initial velocity directed radially and common to all electrons. The problem is reduced to the following differential equations, which are identical with Langmuir's equations but have to be solved under general initial conditions:

for infinitely long coaxial cylinders,

$$\frac{d}{dR}\left(R\frac{d\varphi}{dR}\right)=\frac{1}{\sqrt{\varphi}}, \tag{1}$$

$$\text{where } \varphi=\varphi_1\sqrt[3]{\frac{e}{2mr_0^2i^2}};$$

for concentric spheres,

$$\frac{d}{dR}\left(R^2\frac{d\vartheta}{dR}\right)=\frac{1}{\sqrt{\vartheta}}, \tag{2}$$

$$\text{where } \vartheta=\varphi_1\sqrt{\frac{2e}{mI^2}}.$$

In both cases $R=\frac{r}{r_0}$ and $\varphi_1=\varphi+\frac{mv_0^2}{2e}$ **.

* «Approximate equations» in which «the constants have been determined empirically from the series» [4].

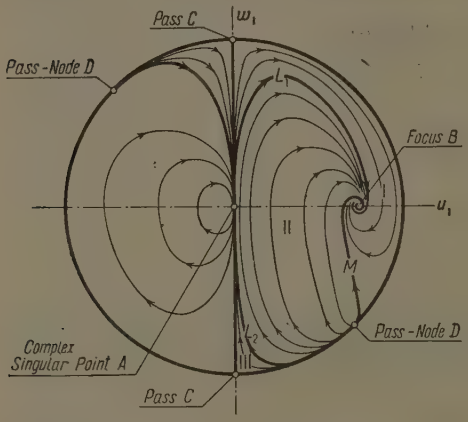
** The following notation is adopted: e and m, absolute charge and mass of the electron; i, current per unit of length of cylinder's axis; I, total current; φ, potential with respect to the cathode: r_0, radius of the cathode; v_0, initial velocity. All quantities are in the CGS system. For a positive charge only the sign at φ is changed.

Equations (1) and (2) admit of a monoparametric group of transformations and can be thus reduced to equations of the first order*. It was therefore possible to obtain, using the qualitative theory of differential equations, some results which, in the special case $\varphi_0 = 0$, $\left(\frac{d\varphi}{dR}\right)_0 = 0$, almost completely coincide with Langmuir's results derived in a quite different manner.

§ 1. Transformation of Equation (1) into that of the first order is accomplished by introducing, as new variables, the invariants of the group of monoparametric transformations** according to the equation

$$2\frac{dR}{R} = 3\frac{d\Phi}{\Phi} = \lambda(a)\,da. \tag{3}$$

To facilitate the comparison with Langmuir's results, we take the first invariant in the form



$$u = \frac{4}{9}\frac{\Phi}{R^{\frac{3}{2}}}. \tag{4}$$

Introducing also

$$w = \frac{du}{d\gamma}, \tag{5}$$

where $\gamma = \ln R$, we bring (1) to the form

$$\frac{dw}{du} = \frac{w^2 - 2u^2 - 4uw + 2u}{3uw}. \tag{6}$$

Applying the methods of Poincaré (9) to the qualitative investigation of Equation (6) and making use of Frommer's results (10) concerning the nature of complex singular points, we can easily solve the problem of the special elements determining the structure of the plane u, w, i. e. establish the nature of the singular points and the behaviour of separatrissae and prove the absence of limiting cycles. Passing from the plane u, w to the sphere of Poincaré

$$u_1 = \frac{u}{\sqrt{1+u^2+w^2}}, \; w_1 = \frac{w}{\sqrt{1+u^2+w^2}},$$

we obtain the following picture (Figure).

At the origin of the coordinates lies the complex singular point A. At this point the separatrissae L_1 and L_2 are approximated (10) by the parabola

$$u = \frac{1}{4}w^2, \tag{7}$$

while the other curves are approximated by the parabolas

$$u = \varkappa w^3, \tag{8}$$

* This circumstance, determining the trend of all further reasoning, has not been taken in consideration in the earlier papers known to the writer. A similar circumstance has played an important role in the investigation of differential equations of polytropic gaseous spheres (5, 6) and of the Thomas-Fermi atom (7).

** A theory of such transformations is expounded, for instance, by Goursat (8).

where $-\infty < \varkappa < \infty$, any value of $\varkappa$ corresponding to a single integral curve.

The point B $(u=1,\ w=0)$ is a simple focus stable with respect to γ. The pass C $(u=0)$ and the pass-node $D\left(\frac{u}{w}=-1\right)$ lie in the infinity. The parameter γ increases in the direction shown by arrows in the Figure. According to (5) and (6), the point A does not define the state of equilibrium with respect to the parameter γ, whereas the point B shows the state of equlibrium in γ.

§ 2. The hemisphere $u_1 > 0$ (Figure), which has the physical meaning, is divided by the separatrissae L_1, L_2 and M into three regions with a similar run of the trajectories. In the region I lie the curves passing from the point A to the focus B, in the region II, the curves from D to B, and in the region III, the curves from D to A.

Under general initial conditions

$$\varphi_0 = c;\ \left(\frac{d\varphi}{dR}\right)_0 = k, \qquad)$$

the coordinates of the initial point, where $\gamma = 0$, are, according to (4), (5):

$$u_0 = \frac{4}{9}\, c\sqrt{c};\ w_0 = \frac{2}{9}\sqrt{c}\ (3k-2c). \qquad (10)$$

If (10) defines the coordinates of the point A, then, by force of (8), the conditions (9) also define a single integral curve *. The case $\gamma \geqslant 0$ is characterized by the motion along this curve in the direction of the arrow (Figure); for $\gamma \leqslant 0$ the motion is in the opposite direction. For $k > 0$ the initial field is accelerating in the first case and decelerating in the second; for $k < 0$ the field acts in the opposite way.

We shall consider now three special cases.

1) $c \neq 0$, $k = 0$. According to (10), the initial point lies in the region II (Figure) in the bisectrix AD.

2) $c = 0$, $k \neq 0$. According to (10), the initial point is here the point A.

From (6) we have $\left(\frac{du}{dw}\right)_0 = \left(\frac{d^2u}{dw^2}\right)_0 = 0$, $\left(\frac{d^3u}{dw^3}\right)_0 = \frac{9}{k^3}$ in accordance with (8) and

$$\varkappa = \frac{3}{2k^3}. \qquad (11)$$

The curves of this class lie in the region I of the Figure for $k > 0$ and in the region II for $k < 0$. In the first case, with the increase of γ, the quantity (2)

$$\beta^2 = u \qquad (12)$$

has an infinite number of maxima and minima and approaches $\beta^2 = 1$ (focus B). The absolute maximum of β^2 grows unrestrictedly with increasing k. If $k < 0$, the quantity $\beta^2(\gamma)$ monotonously approaches ∞ with $\gamma \to -\infty$, the greater $|k|$ the faster.

By force of (12), (5) and (11), Equation (8) yields $\left(\beta^{\frac{1}{3}}\frac{d\beta}{d\gamma}\right)_0 = \frac{k}{\sqrt[3]{12}}$.

---

* If (10) defines the coordinates of the point B, which indicates equilibrium in γ, then (4) assumes the form $\varphi = \left(\frac{9}{4}R\right)^{\frac{2}{3}}$.

Along with $\beta_0 = \sqrt{u_0} = 0$ this enables to derive from (6), reduced to β, γ, the following series:

$$\text{for } \gamma > 0: \quad \beta = s e^{-\frac{\gamma}{2}} \gamma^{\frac{3}{4}} \left[1 + \frac{4}{9 s^2} \gamma^{\frac{1}{2}} - \frac{20}{243 s^4} \gamma + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{4}{45 s^2} + \frac{592}{19683 s^6} \right) \gamma^{\frac{3}{2}} + \dots \right], \tag{13}$$

$$\text{for } \gamma < 0: \quad \beta = s e^{\frac{\gamma}{2}} (-\gamma)^{\frac{3}{4}} \left[1 + \frac{4}{9 s^2} (-\gamma)^{\frac{1}{2}} + \right.$$

$$\left. + \left(-1 + \frac{20}{243 s^4} \right) \gamma + \left(\frac{16}{45 s^2} + \frac{592}{19683 s^6} \right) (-\gamma)^{\frac{3}{2}} + \dots \right], \tag{14}$$

$$\text{or } \beta = s (-\gamma)^{\frac{3}{4}} \left[1 + \frac{4}{9 s^2} (-\gamma)^{\frac{1}{2}} + \left(-\frac{1}{2} + \frac{20}{243 s^4} \right) \gamma + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{2}{45 s^2} + \frac{592}{19683 s^6} \right) (-\gamma)^{\frac{3}{2}} + \dots \right], \tag{14'}$$

where $s = \frac{2}{3} |k|^{\frac{3}{4}}$. Equations (13) or (14), (14'), in connection with (4) and (12), may characterize the distribution of potential in the case of the saturation current, at small $|\gamma|$ and great $|k|$. The approximation near $\gamma = 0$ has the form

$$\varphi = \left(\frac{d\varphi}{dR} \right)_0 \ln R. \tag{15}$$

3) $c = 0$, $k = 0$. From (10) and (6), $u_0 = w_0 = \left(\frac{du}{dw} \right)_0 = 0$, $\left(\frac{d^2 u}{dw^2} \right)_0 = \frac{1}{2}$, in accordance with (7). This case, examined by Langmuir, is represented in the Figure by the initial point A and separatrissae L_1 (for $\gamma \geqslant 0$) and L_2 (for $\gamma \leqslant 0$). The Figure shows that, with γ increasing, the quantity $\beta^2 = u$ passes through an infinite number of maxima and minima and approaches $\beta^2 = 1$ (focus B) at $\gamma \to \infty$ *. When $\gamma \leqslant 0$ the direction of the motion along L_2 is opposite to that indicated by an arrow, and $\beta^2(\gamma)$ monotonously approaches ∞ at $\gamma \to -\infty$.

Taking into consideration (12) and (5), we may rewrite (7) in the form $\left(\frac{d\beta}{d\gamma} \right)_0 = 1$. Together with the condition $\beta_0 = \sqrt{u_0} = 0$ this enables us to derive from (6), reduced to β, γ, all known ([1], [2], [11]) series for $\beta = \beta(\gamma)$. Putting in (6) $u = \xi + 1$ and neglecting the terms of higher orders in ξ and w, we easily come to the result, valid near the focus B, that the ratio of two successive values of r corresponding to the extrema of β^2 is

$$\frac{r_2}{r_1} = e^{3\pi\sqrt{2}} = 783.9 \tag{16}$$

and, accordingly,

---

* It will be noticed that in Langmuir's first paper ([3]) an examination of a poorly converging series led him to suppose that β increases monotonously from 0 to 1. Later on ([2]) the computation of the further terms in the series, the discovery of another better converging series and additional numerical integration gave reasons to regard our result as probable. Lastly, the approximate formula of Langmuir and Compton ([4]) led definitely to this result.

$$\frac{\beta_1^2 - 1}{\beta_2^2 - 1} = 85.02^*. \tag{17}$$

The Figure and the above considerations permit to study qualitatively the structure of the plane R, φ.

§ 3. Equation (2) has been investigated by the same method. When expressed through the variables $u = \theta^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{3}{2}\alpha\right)^{\frac{2}{3}}$, $w = \frac{d\theta}{d\gamma}$, where $\gamma = \ln R$, it takes the form

$$\frac{dw}{du} = \frac{2(1 - uw)}{w}. \tag{18}$$

The sphere of Poincaré constructed on (18) is divided in the part $u > 0$ into three regions. The remarks concerning the cases $\theta_0 = c$, $\left(\frac{d\theta}{dR}\right)_0 = k$ and $\theta_0 = c \neq 0$, $\left(\frac{d\theta}{dR}\right)_0 = k$ are of the same nature as in § 2. At $\theta_0 = 0$, $\left(\frac{d\theta}{dR}\right)_0 = k \neq 0$, the value of α^2 increases monotonously from 0 to ∞ both when γ varies from 0 to ∞ and from 0 to $-\infty$, but in the second case it increases slower than in the first.

The asymptotic expressions are:

$$\alpha^2 = \frac{2}{3}\gamma \text{ for } \gamma \to \infty \tag{19}$$

and

$$\alpha^2 = \frac{\text{const}}{R^{\frac{3}{2}}} \text{ for } R \to 0, \tag{20}$$

the constant increasing with the increase of $|k|$.

If $\theta_0 = 0$, $\left(\frac{d\theta}{dR}\right)_0 = 0$, i. e. $u_0 = w_0 = 0$, the function $\alpha^2(\gamma)$ retains its nature**. The integral curve is approximated then near $\gamma = 0$ by the parabola $u = \frac{1}{4}w^2$, i. e. $\left(\frac{d\iota}{d\gamma}\right)_0 = 1$. This and the condition $\alpha_0 = 0$ enable us to derive from (18), reduced to α, γ, Langmuir's [3] series $\alpha = \alpha(\gamma)$ and $\alpha^2 = \alpha^2(\delta)$, where $\delta = \frac{1}{R} - 1$. The asymptotic Equations (19) and (20) remain valid***.

The qualitative structure of the plane R, φ is similar in its main features to that observed in the case of a cylinder (cf. § 2).

In conclusion I wish to thank A. A. Andronow for his many and valuable suggestions.

Physical-Technical Institute of the
State University.
Gorki.

Received
5. VII. 1937.

---

* The approximate formula of Langmuir and Compton [4] yields

$$\frac{r_2}{r_1} = 784 \text{ and } \frac{\beta_1 - 1}{\beta_2 - 1} = 85.02.$$

** In accordance with Langmuir [3].

*** According to Langmuir [3,4], $\alpha^2 = 0.224 \ln \gamma + \frac{2}{3}\gamma + 0.304$ at $\gamma > 11.8$; $\alpha^2 = \left(\frac{1.11}{R} - 1.64\right)^{\frac{3}{2}}$ at $R < \frac{1}{22}$, the coefficient 1.11 being determined by computing α from the series.

REFERENCES

[1] I. Langmuir, Phys. Rev., **2**, 450 (1913); Phys. ZS., **15**, 348 (1914). [2] I. Langmuir and K. Blodgett, Phys. Rev., **22**, 347 (1923). [3] I. Langmuir and K. Blodgett, Phys. Rev., **24**, 49 (1924). [4] I. Langmuir and K. T. Compton, Rev. Mod. Phys., **3**, 191 (1931). [5] R. Fowler, Monthly Not. R. A. S., **91**, 63 (1930). [6] E. Hopf, ZS. f. Astrophys., **3**, 67 (1931). [7] A. Sommerfeld, ZS. f. Phys., **78**, 283 (1932). [8] E. Goursat, Cours d'Analyse mathématique, tome II, Paris (1935). [9] Henri Poincaré, Oeuvres, tome I, Paris (1928). [10] M. Frommer, Mathem. Ann., **99**, 222 (1928). [11] S. Boguslawski, Publications of the State Experimental Electrical Institute, № 3, p. 18 (1924).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XVI, № 6

GEOPHYSICS

ON THE THEORY OF MONSOONS

II. THE VERTICAL DISTRIBUTION OF VELOCITIES

By W. W. SHOULEJKIN, Corresponding member of the Academy

I have expounded the grounds of the theory in the preceding article (1) where the vertical structure of air currents was given rather schematically for the benefit of analysis and of compactness of the relations. However, even in this form the theory enabled us to draw conclusions agreeable with the data of immediate observations under natural conditions. The divergence in the shapes of the curves of the vertical temperature distribution obtained theoretically and as the result of observations only strengthens the theory pointing out the way of making the latter more precise.

Namely the theoretical curve expressed by the equation (11) of the article quoted was got by means of the presupposition that the radial component of the monsoon currents was determined as

$$u = U \cdot \sin az$$

on the basis of the relations (1) and (4) of the above article, where U is the function of the distance of a given point from the centre of a circular sea, and the value a is connected with Eckman's «depth of friction» D by means of the relation $a = \frac{\pi\rho}{D}$ (the determination of D itself has been reproduced in the first article).

At the time I had no interest in the tangential component of the air currents as in spite of its value it could take no part in the processes investigated conformably to the circular shape of the sea (or island).

It has been convenient to express the coordinates of the points in units unmeasured taking as a length unit ρ some $(\nu + 1)$th part of the sea radius.

In reality the curve of the vertical temperature distribution differs to some extent from the schematical form, as the vertical distribution of the velocities u in the monsoon current is more complicated than a sinusoidal one.

Let us try to find out this distribution in the second and third approximation for the most important littoral zone for which the problem can be solved fully (as compared to the central zone of the

sea where a somewhat precise solution is not yet got and most probably will not be got at all).

As it has been shown in the above article (1) the vertical components (w) of the monsoon currents amount to 0 near the coast. Consequently here the problem is a plane one. In order to make the results of the analysis applicable to the sea of any given shape we shall take into consideration both the radial (u) and the tangential (v) components of the velocities. For the same reason we shall have to give up the abstract units for the expression of the coordinates, and therefore the factor ρ in the expression of a (and in the other analogical ones) will be transformed into 1 (one metre will be taken as a unit).

We shall take the length of the radius of curvature of the coast line (independently from the shape of the sea) large enough to be able to neglect the corresponding centrifugal forces.

The equations of Stokes-Navier will then assume the form

$$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - 2a^2 v - \frac{\Gamma}{\mu} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + 2a^2 u = 0 \tag{2}$$

where Γ is the gradient of the atmospheric pressure (the radial one as the tangential amounts to nought), μ is the coefficient of turbulent friction and

$$a^2 = \frac{\delta \bar{\omega}}{\mu} \tag{3}$$

where in its turn δ determines the density of air; and $\bar{\omega}$, the projection of the angular velocity of the rotation of the earth ω upon the vertical at the given point of the globe.

Evidently the pressure gradient Γ may be determined for any horizon z within the limits of the active monsoon stratum:

$$-\Gamma = \frac{\partial p}{\partial z} = g \cdot \frac{\partial}{\partial r}[\delta (H - z)] = g (H - z) \frac{\partial \delta}{\partial r} + g\delta \frac{\partial H}{\partial r}. \tag{4}$$

In this p r e c i s e expression of Γ we have taken into account the fact that the height of the active stratum (H) continuously v a r i e s with the increasing distance from the centre of the sea inland (or from the centre of the island to the surrounding ocean). This circumstance causes the b a c k w a r d f l o w of air masses in the upper layer of the monsoon stratum.

Let us suppose (for the second approximation) that the air masses flowing from the centre of the sea back to the continent do not mix with the higher air strata of the atmosphere. Then in the expressions of the common integral of the equations (1) and (2)

$$u = C_1 e^{az} \sin (az + \psi_1) - C_2 e^{-az} \sin (az + \psi_2) \tag{5}$$

$$v = C_1 e^{az} \cos (az + \psi_1) + C_2 e^{-az} \cos (az + \psi_2) - \frac{\Gamma}{2\delta\bar{\omega}} \tag{6}$$

all the four constants of the integration C_1, C_2, ψ_1 and ψ_2 will be determined on the basis of extremely simple limit conditions.

Thus we shall have to suppose the components u and v becoming equal to nought with the following values of z:

$$z = 0; \quad z = H = 2D.$$

Let us neglect the 1 in comparison with the very large quantity $e^{2\pi}$ in the expression of C_1 and C_2. Then it will prove finally that

$$u = -\frac{\frac{\partial p_0}{\partial r}}{2\delta\omega}[e^{-(2\pi-az)} + e^{-az}]\sin az, \tag{7}$$

$$v = -\frac{\frac{\partial p_0}{\partial r}}{2\delta\omega}[(e^{-(2\pi-az)} - e^{-az})\cos az + 1] + \frac{g\frac{\partial\delta}{\partial r}}{2\delta\omega}\cdot z. \tag{8}$$

To satisfy the condition of continuity we must consider the amount of air flowing towards the sea in the lower layer of the current being equal to that flowing back to the continent in the upper layer (between the horizons $z = D$ and $z = H = 2D$). It is easy to show that in this case the above condition will be expressed in the form

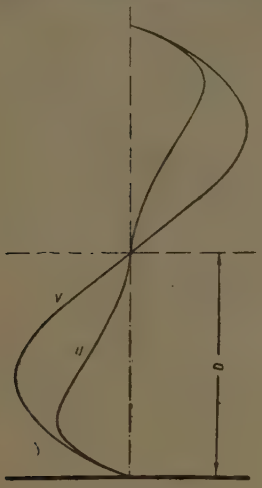


Fig. 1.

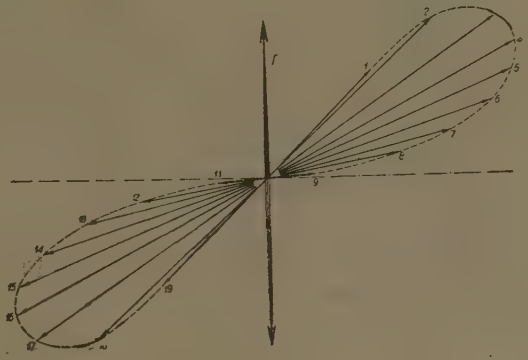


Fig. 2.

$$\frac{\partial p_0}{\partial r} = g\frac{\partial\delta}{\partial r}\cdot D, \tag{9}$$

where p_0, the same as in the equations (7) and (8), denotes the pressure at the sea level.

The variations of the height of the active stratum H from point to point will be determined by means of the relation

$$H = H_0 + D\ln\frac{\delta_0}{\delta} \tag{10}$$

derived from (9) and (4).

Fig. 1 represents the curves drawn according to the equations (7) and (8) and representing the vertical distribution of the radial (u) and the tangential (v) components of the velocities. As one can see, both the curves do not greatly differ from a sinusoid.

The vector diagram of fig. 2 representing the resulting velocities at various altitudes was drawn on the basis of fig. 1. The lower stratum of the current (with the altitude D) as well as the upper one (from $z = D$ to $z = 2D$) are divided into ten layers each. The figures placed at the extremities of the vectors show the number of the tenths of D in the distance from the sea level up to the corresponding horizon.

As it is shown in the diagram of fig. 2 (Γ lower layer), the velocities at the 0th, 10th and 20th horizons amount to 0.

Besides, the direction of the velocity in the layer between the 0th and 1st horizons form an angle of 45° with the direction of the pressure gradient corresponding to the *lower* stratum. The same angle is formed by the velocities in the layer between the 19th and 20th horizons with the gradient corresponding to the *upper* stratum of the monsoon current. With the approach to the tenth horizon the direction of the velocities tends to coincide with the normal to the vector expressing the gradient; in other words—with the tangent to the isobaric curve element at this point of the globe.

Passing through 0 the velocity changes its direction for 180° in its transitions from the lower stratum to the upper one.

Till now we have supposed that the air masses flowing back from the sea in the upper stratum of the monsoon current move in the form of the same compact isolated layer as they have moved towards the sea in the lower stratum. In reality it is more complicated because the heated air rising above the sea is partially mixed with the masses of troposphere lying over it and carries them away from the sea in its return movement. Owing to this fact the kinetic and consequently the full energy of the moving system must decrease to some extent.

In spite of the comparative complication of the process the latter is not difficult to determine from the formal mathematical point of view, as the coefficient of turbulent intermixture in the upper stratum exceeds considerably that in the lower one, where the intermixture is due only to the normal turbulent friction between the moving strata.

Thus the coefficient μ_2 qualifying the upper stratum will be much larger than the coefficient μ_1 corresponding to the lower one.

Strictly speaking both μ_1 and μ_2 will somewhat vary in different horizons but it is untimely to carry the analysis into such details. It is enough to state that the «depth of friction» D_2 connected with μ_2 by means of Eckmann's relation

$$D_2 = \pi \sqrt{\frac{\mu_2}{\delta \omega}}$$

will not be equal to the depth of friction D_1 calculated according to the formula where μ_2 is substituted by μ_1.

Now, for the third approximation we shall have to take that

$$D_2 = D_1 \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1}}. \qquad (11)$$

The full height of the active monsoon stratum (H) will be

$$H = D_1 + D_2. \qquad (12)$$

Both the theory (1) and the immediate observations show that approximately $H = 2000$ m. As to D_1 it is equal to about 300—500 m. Consequently $D_2 = 1500$—1700 m, and on the basis of these data according to (11)

$$\frac{\mu_2}{\mu_1} \cong \text{from 9 to 32.}$$

This is quite probable as the kinetic energy of the current in the upper stratum decreases about 20 times as compared to the lower one.

Thus in the third approximation one has to imagine the vertical distribution of velocities as represented in fig. 1, with the upper part

of the diagram extended upwards a corresponding number of times; simultaneously the radial and tangential components of the velocities decrease correspondingly. Such a deformation of the diagram of fig. 1 agrees with the deformation of the curve of the temperature distribution on its way from the first approximation of the theory to the immediate results of observations under natural conditions.

It is necessary to underline the fact that all the reasoning in the present paper as well as in the preceding one relates only to the velocities of the monsoon currents. The data closest to these will be the long-period mean figures of the observations of velocities at sea-shore stations. But even their data unfortunately are to contain firstly—the influence of the cyclones prevailing in the region; and secondly—the data stipulated by the interlatitudinal circulation taking place in all the troposphere including the monsoon stratum.

That is the reason why at the present time, without the accumulation of extensive and reliable material of observations at various altitudes, one has to employ only the indirect method of control, grounded on the analysis of the vertical distribution of temperatures.

Department of Theoretical Geophysics,
Institute of Geography.
Academy of Sciences of the USSR,
Moscow.

Received
10. VII. 1937.

REFERENCE

[1] W. W. Shoulejkin, C. R. Acad. Sci. URSS, XV, 6—7, 319 (1937).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XVI, № 6

GEOCHEMISTRY

QUANTITATIVE SPECTROSCOPIC DETERMINATION OF NEODYMIUM AND PRASEODYMIUM IN MINERALS

By S. A. BOROVIK and T. A. BUROVA

(Communicated by V. I. Vernadskij, Member of the Academy, 22. VI. 1937)

As shown by our experiment, no spectroscopic analysis of minerals for rare-earth elements can be successfully made without previous chemical treatment, unless their content is sufficiently high. If concentration is rather low, it is preferable first of all to separate chemically the aggregate content of the rare-earths, and only then to identify spectroscopically every component of that aggregate: It is, however, advisable, after the aggregate content of rare-earths has been separated, and before burning it in an arc, in order to identify every one of its components, to make a quantitative determination of neodymium and praseodymium, as described in this paper.

Prandl gives precise and detailed information as to the distribution and the relative intensities of the absorption lines of rare-earth elements, as well as some indications as to the dependence of the intensity of these lines on the concentration of the respective element in the solution.

In order to make a quantitative estimate of concentrations, the writer used a direct-vision spectroscope, a set of flat glass cells of varying thickness, a wedge-shaped vessel, and a source of light (a 75 Watt incandescent lamp). The cells containing the solution of Nd or Pr sulphates or nitrates were placed in front of the slit of the spectroscope, their spectrum of absorption being obtained above the spectrum of the light passing through the wedge-shaped vessel; the latter was shifted in a direction parallel to the spectroscope; the light of the common source was directed by a prism, through the wedge-shaped vessel and another reflecting prism, on to the lower portion of the slit. With the motion of the wedge-shaped vessel, the brightness of the lines varied, it being possible to obtain an non-equal brightness of the same line both in the upper and in the lower spectrum; the scale attached to the wedge-shaped vessel enabled us to register the exact position of the vessel corresponding to an equal brightness of the lines of any two concentrations of standard solutions, and then of the specimen tested; one should, of course, select the concentrations of the standard solutions in such a manner that the position of the wedge for the specimen tested should lie between the two readings for the standard concentrations, the concentration of neodymium and praseodymium being then calculated by simple interpolation. The wedge-shaped vessel is filled with a solution of the salt of the element to be tested. The wedge was 13 cm long and had 1 cm maximum thickness. In the case of neodymium and praseodymium nitrates, the concentration of the solution was 2%; with this concentration, it was best to adjust the wedge to an equal brightness of 5270—5207 Å lines for neodymium and of 4879 Å for praseodymium.

The procedure adopted for the separation of the aggregate rare-earth content was as follows. The specimen of the mineral was decomposed by fluoric acid, ΣTR+Th+Ca being precipitated as fluorites. The fluorites were converted into sulphates by evaporation with H_2SO_4. The sulphates were dissolved in HCl, ΣTR+Th and were precipitated with ammonia, in order to separate them from calcium. The hydrated residue was dissolved in HCl or HNO_3, the solution was evaporated to vitreous state (to remove excess acid), the groundmass was dissolved in water, and the solution was treated with 10% oxalic acid. The oxalates of ΣTR+Th were burnt, and the weights of the oxides of the rare-earths and of thorium oxide were determined. With a view to a further spectroscopic study of the composition of the rare-earths, the oxides were passed into a nitric or sulphuric acid solution, care being taken that the concentration of the solution should be 1%.

TR were obtained from the specimens of following minerals:

1. Loparite. Collected in 1936 by V. I. Gerasimovsky. ΣTR+ $+ThO_2=31.25\%$.

2. Rare-earth silicate of Sr, Ca, Mn, MgN_2. Collected in 1935 by V. I. Gerasimovsky. (The mineral is a new one and has not yet received a definite name). TR=20.2 (according to chemical and spectroscopic analyses, no thorium is present).

3. Perovskite. Collected in 1936 by B. M. Kupletsky. $\Sigma TR+ThO_2=2.38\%$.

4. Perovskite. Collected in 1936 by B. M. Kupletsky. $\Sigma TR+ThO_2=3.02\%$.

5. Cubical perovskite. Collected in 1936 by B. M. Kupletsky. ΣTR + $+ThO_2=3.14\%$.

6. Lovchorrite. ΣTR = 15.84%. T. Burova, March 13, 1937.

The table given below shows the results obtained for these six specimens:

No. of specimens	Description of specimen	Nd_2O_3 content as a percentage of ΣTR	Pr_2O_3 content as a percentage of ΣTR	Pr/Nd content ratio	Nd_2O_3 content	Pr_2O_3 content
1	Loparite	15.5	2.0	0.13	4.3	0.6
2	Rare-earth silicate	4.8	3.1	0.65	0.56	0.62
3	Perovskite K-35	7.7	5.7	0.74	0.18	0.14
4	Perovskite K-8	16.0	3.1	0.19	0.18	0.09
5	Cubical Perovskite	9.1	5.0	0.55	0.29	0.16
6	Lovchorrite	29.6	5.8	0.2	4.7	0.92

Under favourable conditions, the error of determination may be reduced to 2% of the magnitude to be measured. Given a certain skill, the adjustment for an equal brightness of lines, which is the main source of error, gives quite a satisfactory reproducibility.

As shown in this paper, it is thus possible to make determinations of neodymium and praseodymium content with a sufficient degree of accuracy, without any complicated procedure, and with the help of a very simple equipment that any chemical laboratory can well afford to set up.

Received
22.VI. 1937.

REFERENCE

[1] S. A. Borovik, C. R. Acad. Sci. URSS, XIV, 6, 351 (1937).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XVI, № 6

CHEMIE

ÜBER DIE LÖSLICHKEIT VON EDELMETALLEN BEI HOHEM DRUCK

Von V. G. TRONEV und S. M. BONDIN

III. EINFLUSS DER TEMPERATUR UND DER KCN-KONZENTRATION AUF DIE LÖSUNGSGESCHWINDIGKEIT DES GOLDES BEI HOHEM LUFTDRUCK

(Vorgelegt von N. S. Kurnakov, Mitglied der Akademie, d. 28. VI. 1937)

In unserer vorhergehenden Mitteilung (1) wurden die Ergebnisse über die Untersuchung des Luftdruckeinflusses auf die Lösungsgeschwindigkeit des Goldes in KCN-Lösungen angeführt und es wurde festgestellt, dass vor der Erreichung einer optimalen Sauerstoffkonzentration in einer 1%-igen KCN-Lösung die Lösungsgeschwindigkeit mit der Druckerhöhung zunimmt und dann—nach der Erreichung eines bestimmten Luftdruckes—sich fast nicht mehr ändert.

In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse über den Einfluss der Temperatur und der KCN-Konzentration auf die Lösungsgeschwindigkeit des Goldes bei 50 atm. Luftdruck angeführt, bei welchem die Sauerstoffkonzentration in der Lösung gross genug ist, um die Lösungsgeschwindigkeit des Goldes unabhängig von der Diffusionsgeschwindigkeit des Sauerstoffs zu machen.

1. Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit von Au in KCN bei Luftdruck

Nach den Angaben der von uns schon in der vorhergehenden Mitteilung zitierten Arbeit von Julian u. Smart (2) nimmt die Lösungsgeschwindigkeit von Au in KCN bei Atmosphärendruck mit Erhöhung der Temparatur erst schnell zu, dann langsamer, erreicht bei 80—85° ein Maximum und nimmt bei Annäherung an 100° C wieder ab. Diese Angaben über den Temperatureinfluss lassen sich einerseits durch eine Verringerung der CO_2-Konzentration in der Lösung erklären, insbesondere bei der Annäherung an den Siedepunkt der Lösung, und andererseits—durch die Zunahme der Ionenbeweglichkeit mit der Temperaturerhöhung.

Auf jeden Fall ist die Ansicht über die bestimmende Rolle der Diffusionsprozesse bei der Auflösung von Au in KCN ganz allgemein. Insbesondere bestätigten Beyers (3) u. a. in letzter Zeit diese Ansicht durch den Umstand, dass der Temperaturkoeffizient der Auflösungsgeschwindigkeit von Au in KCN gleich oder kleiner als 1.5 ist, d. h. der Temperaturkoeffizient eines heterogenen Prozesses ist, in dessen Geschwindigkeit die Diffusionsprozesse von vorherrschender Bedeutung sind. Aber bekanntlich hängt nach der Gleichung von Nernst—Brunner—Whitney die Lösungsgeschwindigkeit

fester Stoffe nicht nur von der Diffusionsgeschwindigkeit der reagierenden Stoffe ab, sondern noch von der Geschwindigkeit, mit der sich die Reaktionsprodukte von der Oberfläche in den Lösungsraum entfernen. Von diesem Standpunkte aus kann die Geschwindigkeit des gesamten Auflösungsprozesses des Goldes bestimmt werden durch: 1) die Geschwindigkeit der O_2-Diffusion und Depolarisation; 2) die Diffusionsgeschwindigkeit von $K^{\cdot}$ und CN' zur Goldoberfläche hin und 3) die Geschwindigkeit, mit der sich die $Au(CN_2)'$-Ionen von der Oberfläche weg in die Lösung entfernen.

Bei ungenügender Sauerstoffkonzentration in der KCN-Lösung, z. B. in der Nähe des Siedepunktes, wird bei Atmosphärenluftdruck die Geschwindigkeit des gesamten Auflösungsprozesses aller Wahrscheinlichkeit nach durch die Geschwindigkeit der O_2-Diffusion und Depolarisation begrenzt. Bei tieferen Temperaturen—bis 85°C—wird die Geschwindigkeit des gesamten Prozesses nicht nur durch die O_2-Diffusion, sondern hauptsächlich auch durch die Diffusion der CN'- und Au $(CN)_2'$-Ionen bestimmt. Von diesem Standpunkte aus ist zu erwarten, dass bei optimaler Sauerstoffkonzentration in der KCN-Lösung die CN'- und Au $(CN)_2'$- Ionen in dem gesamten Prozesse die vorherrschende Rolle spielen werden, und daher müssen wir bei 50 atm. Luftdruck eine solche Abhängigkeit der Lösungsgeschwindigkeit des Au von der Temperatur erhalten wie bei Atmosphärendruck, mit dem Unterschied, dass sich bei Annäherung an 100° der Einfluss einer ungenügenden Sauerstoffkonzentration sich nicht auszuwirken braucht, weil bei 50 atm. die O_2-Konzentration in der Lösung auch bei 100° C noch beträchtlich sein wird.

In Tab. 1 sind die Resultate unserer Versuche angegeben, die in Abb. 1 mit den Angaben von Julian und Smart verglichen sind.

Tabelle 1

Versuchsbedingungen: 100 cm³ 1%-iger KCN-Lösung, 1 g Au-Einwage; 50 atm. Luftdruck; Durchmischung—500 Umdreh./Min.

t° C	% des gelöst. Goldes nach 1 Stunde
18	40
30	67
50	81
70	85
90	90

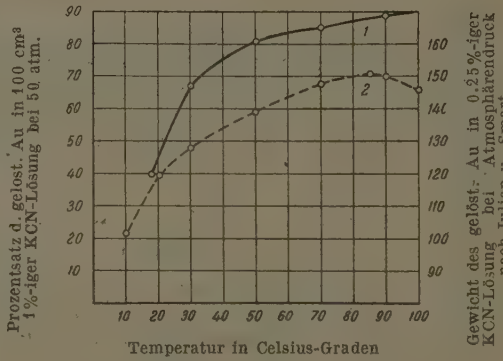


Abb. 1. *1*—bei 50 atm., *2*—bei 1 atm.

Aus dem Vergleich unserer, bei 50 atm. Lufdruck erhaltenen Resultate mit den Angaben von Julian und Smart ist ersichtlich, dass die Änderung der Lösungsgeschwindigkeit des Goldes mit der Temperaturerhöhung in diesem und in jenem Falle nicht ganz gleich ist, obwohl das Aussehen der Kurven bis zu 85° C ganz analog ist: erst ziemlich schneller Anstieg der Lösungsgeschwindigkeit (bis 30° C), dann langsamer. Ein Unterschied macht sich erst bei Annäherung an 100° C geltend, wo bei Atmosphärenluftdruck die Löslichkeit von O_2 stark abnimmt und folglich auch dessen Konzentration in der KCN-Lösung. Daher fällt die Lösungsgeschwindigkeit von Au, die durch den Mangel an O_2 begrenzt wird, während bei 50 atm. Luftdruck ein solches Fallen der Lösungsgeschwindigkeit nicht beobachtet wird, da die

Sauerstoffkonzentration in der Lösung wegen des Druckes offenbar gross genug ist, um die Geschwindigkeit des gesamten Prozesses nicht zu begrenzen.

2. Einfluss der KCN-Konzentration auf die Lösungsgeschwindigkeit von Au bei 50 Atmosphären Luftdruck

Der Charakter der Lösungsgeschwindigkeit von Au in KCN-Lösungen in Abhängigkeit von der Konzentration der letzteren wurde von vielen Autoren, z. B. Maclaurin, Julian u. Smart, Meyer, u. a. ([4]), festgestellt. Es schien uns von Interesse, das Erhaltenbleiben dieser Gesetzmässigkeit bei erhöhtem Luftdruck zu prüfen und diese Abhängigkeit auf Grund der Ausschliessung eines der Faktoren, nämlich der O_2-Konzentration, zu erklären, da sie bei 50 atm. zur optimalen Lösungsgeschwindigkeit des Goldes hinreicht, unabhängig davon, dass sie sich mit der Zunahme der Viskosität bei einer Änderung der KCN-Konzentration ändern kann. Bekanntlich erklären Maclaurin u. a. die Änderung der Lösungsgeschwindigkeit von Au bei Vergrösserung der KCN-Konzentration durch die Viskositätszunahme der Lösung und der damit zusammenhängenden Löslichkeitsverringerung des Sauerstoffs in KCN.

Meyer nimmt auf Grund des von ihm nach der Formel $K = \frac{\eta_0 - \eta}{\eta_0 \, n}$ (η_0—Löslichkeit des Gases in Wasser; η—Löslichkeit des Gases im Elektrolyt; n—molekulare Konzentration des Elektrolyts) berechneten Koeffizienten der Löslichkeitsabnahme von O_2 in KCN-Lösungen verschiedener Konzentration an, dass die Abhängigkeit der Lösungsgeschwindigkeit des Au von der KCN-Konzentration nicht durch die Änderungen der Sauerstoffkonzentration in den KCN-Lösungen und die Viskositätsänderungen erklärt werden kann. Meyer sieht den Grund dieser Abhängigkeit in dem elektrochemischen Verhalten des Goldes, und zwar in der Änderung des Au-Potentials in Bezug auf die Cyanidlösungen. Auf Grund der Daten über das elektrochemische Verhalten von Au in KCN-Lösungen von Eberlein ([5]), Christy ([6]), Ottingen ([7]) u. a. führt Meyer eine Analogie zwischen der logarithmischen Abhängigkeit des Au-Potentials von der KCN-Konzentration und der gleichen Abhängigkeit der Lösungsgeschwindigkeit des Au von der CN′-Konzentration durch. Eine solche Analogie ist natürlich noch kein Beweis, aber es besteht kein Zweifel, dass bei der Veränderung der Lösungsgeschwindigkeit des Au mit der KCN-Konzentration das elektrochemische Verhalten des Goldes die führende Rolle spielt, oder richtiger, dass die Lösungsgeschwindigkeit des Goldes in einer gewissen Abhängigkeit von der chemischen Affinität von Au zu CN′ steht. Offenbar liegt hinter dieser Analogie eine für die meisten Prozesse unbekannte Abhängigkeit der chemischen Prozesse von der freien Energie verborgen, welche Conant ([9]), Pratt ([8]), Chow ([10]) empirisch zu finden versuchten, und Eyring, Rice ([11]), Gerschinowitz ([12]) u. a. theoretisch ableiteten.

In jedem Falle ändert sich, unabhängig von der Sauerstoffkonzentration, wie unsere Versuche zeigen, deren Resultate in Tab. 2 und Abb. 2 angeführt sind, die Lösungsgeschwindigkeit des Goldes mit der Konzentrationszunahme von KCN nach einer logarithmischen Kurve, d. h. so wie sich das Au-Potential nach Christy mit der KCN-Konzentration ändert.

Aus dem Vergleich der Angaben über die Lösungsgeschwindigkeit von Au in KCN verschiedener Konzentration (bei Atmosphärendruck nach Meyer und bei 50 atm. nach unseren Versuchen) geht hervor, dass in beiden Fällen innerhalb des angegebenen KCN-Konzentrationsbereiches, unabhängig von der Sauerstoffkonzentration in der Lösung, die Kurven der Abhängigkeit der Lösungsgeschwindigkeit des Au von der KCN-Konzentration analog der

Tabelle 2

Versuchsbedingungen: Goldeinwage—1 g; 100 cm³ KCN; 50 atm. Luftdruck; Durchmischungsgeschwindigkeit—500 Umdr./Min; Versuchsdauer—1 Std; Temperatur—18° C.

KCN-Konz.,%	Löslichkeit, %
0.05	5.2
0.10	16.6
0.20	18.2
0.40	38.2
0.80	44.0
1.0	42.0

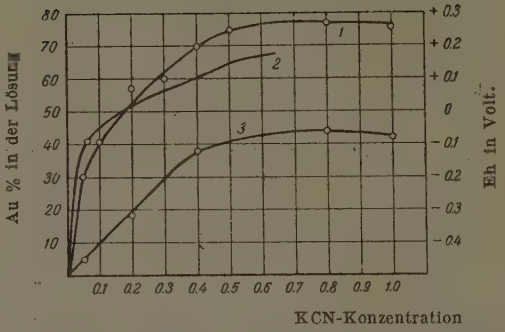


Abb. 2. *1*—Löslichkeit von Au nach Meyer; *2*—Potential nach Christy; *3*—Löslichkeit von Au bei 50 atm. Luftdruck.

logarithmischen Kurve der Änderung des Au-Potentials mit der Änderung der KCN-Konzentration sind.

Die Untersuchung der Gesetzmässigkeiten bei hohem Luftdruck wird an Beispielen für die Löslichkeit verschiedener Metalle und Erze bei verschiedenen Bedingungen fortgesetzt.

Laboratorium für hohe Drucke.
Institut für allgemeine und anorganische Chemie.
Akademie der Wissenschaften der UdSSR.
Moskau.

Eingegangen
d. 28. VI. 1937.

ZITIERTE LITERATUR

[1] W. G. Tronev u. S. M. Bondin, C. R. Acad. Sci. URSS, XVI, 5 (1937). [2] Julian, Smart u. Allen, Cyaniding Gold a. Silver Ores, London, 1921. [3] Beyers, J. Chem. Met. a. Min. Soc. of S. A., 1936. [4] Meyer, Met. u. Erz., 28, 261 (1931). [5] Eberlein, Dissertation «Über einige komplexe Salze», S. 50—51. [6] Christy, Amer. Chem. Journ. **27**, 417 (1902). [7] Ottingen, J. Chem. a. Met. Soc. of S. Afr. (1899). [8] Conant u. Pratt, Journ. Am. Chem. Soc. **48**, 3178 (1926). [9] Conant, Chem. Rew., **3**, 1 (1926). [10] Chow, J. Am. Chem. Soc. **56**, 894, 1934; **57**, 1440 (1935). [11] Eyring, Rice u. Gerschinowitz, J. Chem. Phys. **3**, 307, 479 (1935). [12] Gerschinowitz, J. Chem. Phys. **4**, 363 (1936).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XVI, № 6

CHEMIE

DIE VERDRÄNGUNG DES GOLDES AUS CHLORIDLÖSUNGEN DURCH WASSERSTOFF BEI HOHEM DRUCKE

Von V. G. TRONEV

(Vorgelegt von N. S. Kurnakov, Mitglied der Akademie, d. 28. VI. 1937)

In der Literatur gibt es keine Angaben über die Wirkung des Wasserstoffs bei hohem Drucke auf Lösungen von Goldsalzen. Was die Versuche bei Atmosphärendruck des Wasserstoffs anbetrifft, so sind die Resultate sehr widersprechend. So weist zum Beispiel Oberkampf [1] darauf hin, dass eine neutrale Goldchloridlösung bei Hindurchgehen von Wasserstoff eine rote Farbe annimmt ohne Bildung eines Niederschlags, während Proust [2] und Schweigger-Seidel [3] in ihren Versuchen weder eine derartige Farbe noch einen Niederschlag erhielten, wie er von Buisson [4], Figuier [5] und Russel [6] erhalten wurde. Diese Widersprüche sind durch die verschiedenen Versuchsbedingungen zu erklären und zwar durch die Möglichkeit der Bildung von kolloidalem Golde in fast neutralen Lösungen (rotes Licht), wie auch durch das Übergangsstadium der AuCl-Bildung bei der Einwirkung des Wasserstoffs auf $AuCl_3$, was die Tatsache erklären kann, dass einige Autoren im Niederschlag kein Gold erhielten. Nur in Gegenwart von Platin als Katalysator wurde unzweifelhaft ein Au-Niederschlag durch Wasserstoff in den Versuchen von Phipson [7], Tomassi [8], Neumann [9] u. a. beobachtet.

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit bestand in der Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Wasserstoff unter Druck und Lösungen verschiedener Goldsalze. In dieser Mitteilung sind die Versuchsergebnisse mit Goldchloridlösungen und in der nächsten werden die Resultate mit Zyanidlösungen angeführt.

Die Methodik der Arbeit ist dieselbe wie in unseren vorhergehenden Aufsätzen über die Verdrängung der Platinmetalle aus ihren Lösungen [11].

Die Goldlösung für die Versuche wurde aus käuflichem $HAuCl_4$ bereitet oder durch Auflösung von reinem Gold in Königswasser mit nachfolgender Verdampfung mit Salzsäure zur Entfernung der Stickstoffoxyde und Verdünnung bis zu bestimmter Konzentration.

Zu Beginn der Arbeit wurden die Versuche über die Einwirkung des Wasserstoffs auf Goldchloridlösungen bei Atmosphärendruck ausgeführt, dann bei hohem Druck in gewöhnlichen Bomben ohne Umrühren, und schliesslich wurde die Wasserstoffeinwirkung eingehend unter Druck in Autoklaven mit Durchmischung untersucht, was gestattete den Einfluss der verschiedenen Faktoren wie Druck, Temperatur, Durchmischungsgeschwindigkeit, Konzentration der Beimischungen usw. auf den Prozess der Goldausscheidung zu klären und uns somit das Verständnis für den Mechanismus des Prozesses näherzubringen.

1. Einwirkung von H_2 auf $HAuCl_4$-Lösungen bei Atmosphärendruck

Der Reduktionsprozess des Goldes durch Wasserstoff besteht aus einer Reihe von Stadien, und zwar:

$$\text{I. } HAuCl_4 + 3H = Au + 4\ HCl$$
$$\text{II. } HAuCl_4 + 2H = HAuCl_2 + 2\ HCl$$
$$\text{III. } HAuCl_2 + 2H = Au + 2\ HCl$$
$$\text{IV. } 3\ HAuCl_2 \leftrightarrows 2\ Au + HAuCl_4 + 2\ HCl,$$

wobei das Gleichgewicht (IV) in einer Wasserstoffatmosphäre sich allmählich nach der Seite der Bildung metallischen Goldes verschieben muss. Die Versuche bei Atmosphärendruck des Wasserstoffs zeigen, dass der Wasserstoff aus verdünnten (0.02*N*) $HAuCl_4$-Lösungen ohne Hinzugabe von freier Salzsäure oder Chloriden anderer Metalle nicht sofort metallisches Gold reduziert. So zum Beispiel wird nach fast 1-stündigem Hindurchgehen von Wasserstoff durch ein Glas mit 200 cm^3 $HAuCl_4$-Lösung (0.02 *N*) kein Niederschlag erhalten und die Lösung bleibt ohne sichtbare Veränderung.

Bei weiterem Hindurchgehen von H_2 durch diese Lösung ist zuerst eine rot-violette Färburg der Lösung zu beobachten, aller Wahrscheinlichkeit nach von kolloidalem Gold, dann bildet sich ein sichtbarer Goldniederschlag von welchem sich nach 2 Stunden—15.5%, nach 3 Stunden—21.8% und nach 4 Stunden—24.8% der in der Lösung enthaltenen Menge absetzten.

Ein vollständiger Niederschlag des Goldes konnte bei Atmosphärendruck nicht erzielt werden. Interessant ist zu bemerken, dass das Nichterscheinen von metallischem Golde nach der ersten Stunde des Hindurchgehens des Wasserstoffs offenbar mit der Reduktion des $AuCl_3$ zu AuCl zusammenhängt da diese Lösungen eine gewisse Menge von $KMnO_4$ reduzieren, während die Ausgangslösung von $HAuCl_4$ von einem Tropfen 0.1*N* $KMnO_4$ gefärbt wird. Diese Annahme über das Vorhandensein eines Übergangsstadiums bei der Reduktion von Au^{III} zu Au durch Wasserstoff wird durch Versuche mit Zugaben von NaCl zu der Ausgangsgoldlösung bestätigt. Hierbei tritt nach Verlauf von 5—6 Stunden kein Niederschlag des Goldes auf, und man kann verfolgen, wie in der äusserlich unveränderten Lösung die Konzentration des einwertigen Goldes zunimmt. Z. B. erhält man bei Hindurchgehen von Wasserstoff durch ein Lösungsgemisch von 0.02 *N* $AuCl_3$ und 0.5 *N* NaCl nach einer Stunde 15.9%, nach 2 St.—32.0%, nach 3 St.—43.3%, nach 4 St.—57.3%, nach 5 St. 65.3% einwertigen Goldes usw. Metallisches Gold tritt erst nach 6—7 Stunden als Niederschlag auf, und nach 8 Stunden fällt ungefähr 80% Au aus.

DieVersuchsergebnisse mit Hinzugabe von NaCl weisen, im Zusammenhange mit der bekannten Tatsache der Zunahme der Stabilität von AuCl in Lösungen von Alkalimetallchloriden nach Diemer ([10]), auf die Kompliziertheit des Prozesses zwischen dem Wasserstoff und den $HAuCl_4$-Lösungen hin und erklären die widersprechenden Angaben früherer Vorscher, die offenbar mit verschiedenen Lösungen gearbeitet haben. Unsere Versuche haben mit aller Deutlichkeit bewiesen: 1) das Vorhandensein eines Übergangsstadiums—die Reduktion von Au^{III} zu Au^{I} unter Einwirkung von H_2, und 2) die Möglichkeit des Niederschlags von metallischem Gold aus Chloridlösungen mittels Wasserstoff.

II. Einwirkung von H_2 unter hohem Druck auf Goldchloridlösungen ohne Durchmischung

Aus unseren vorhergehenden Arbeiten über die Verdrängung der Platinmetalle aus den Lösungen ihrer Salze durch Wasserstoff unter Druck ist bekannt, dass in einfachen Bomben ohne Durchmischung die Geschwindigkeit der Wechselwirkung des Wasserstoffs mit dem Salze von der Diffusionsgeschwindigkeit des Wasserstoffs in die Lösung abhängt. Aus diesem Grunde

verläuft der Prozess ungleichmässig und breitet sich nur gemäss der Wasserstoffdiffusion im ganzen Flüssigkeitsraume aus. In den Versuchen mit Goldlösungen ist folgendes Bild zu beobachten: in den oberen Schichten der Lösung, die nach einigen Stunden mit Wasserstoff gesättigt worden sind, bildet sich eine Haut von metallischem Golde, während in dem unteren Teile des Reaktionsgefässes der Prozess noch nicht begonnen hat. Das Resultat ist ein sehr langsamer Verlauf des Prozesses sogar bei 100 atm. Druck des Wasserstoffs, wie dies durch die Angaben der Tabelle illustriert wird.

Charakteristisch ist die Erscheinung einer gewissen Konstanz der Konzentration des einwertigen Goldes, die fastunabhängig von der Einwirkungsdauer des Wasserstoffs ist. Diese Konstanz weist auf das Vorhandensein eines Gleichgewichtszustandes in der Lösung zwischen dem metallischen Gold und den Auro- und Auri-Ionen hin, der durch Gleichung (IV) zum Ausdruck kommt. Auf die Frage über die Rolle dieses Gleichgewichts bei der Verdrängung des Goldes durch den Wasserstoff, kommen wir noch in einer unserer nächsten Mitteilungen zurück, wo Angaben über dieses Gleichgewicht in einer Stickstoffatmosphäre bei verschiedenen Temperaturen und Drucken gemacht werden.

Versuchsbedingungen: 25 cm³ einer Lösung von 0.1 *N* $AuCl_3$ mit 0.1 *N* NaCl in einem Probiergläschen, das sich in einer einfachen Bombe bei 100 atm. H_2 und 25° C befindet.

Dauer, Stunden	Au^I in der Lösung, %	Au im Niederschlag, %	Bemerkung
24	14.9	Spuren	Goldhaut auf der Oberfläche
30	14.9	13.2	
37.5	12.2	26.5	
42	12.0	44.1	Unten einzelne Au-Kristalle
46	9.5	51.5	
52	10.8	60.3	
68	12.2	66.2	
75	13.6	78.0	Niederschlag auf dem Glasboden

Was jedoch die Geschwindigkeit des Goldniederschlags aus den Lösungen durch Wasserstoff unter Druck anbetrifft, so wird dieselbe, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, offenbar durch die Sättigungsgeschwindigkeit der Lösung durch den Wasserstoff bestimmt, weswegen der Niederschlag des Goldes sehr langsam erfolgt, so dass es sogar nach 75 Stunden bei 25° C und 100 atm. Wasserstoffdruck nicht gelang, das Gold vollständig niederzuschlagen. Da ausser der geringen Geschwindigkeit des Prozesses ein ungleichmässiger Verlauf desselben stattfindet—in verschiedenen Schichten verschiedene Prozesstadien,—so wurden die weiteren Versuche unter Bedingungen ausgeführt, die einen gleichmässigeren, gleichzeitigen Verlauf der Reaktion über den ganzen Lösungsraum sicherten, d. h. in Autoklaven mit Rührern.

III. Versuche in Autoklaven von hohem Druck mit Rührern

Es wurde der Einfluss folgender Faktoren auf die Geschwindigkeit des Goldniederschlags aus Goldlösungen durch Wasserstoff untersucht: a) Durchmischungsgeschwindigkeit der Lösung, b) Wasserstoffdruck, c) Konzentration der freien Salzsäure, d) Temperatur. Den Einfluss dieser Faktoren kann man kurz durch folgende Beispiele illustrieren.

a) Wenn es ohne Durchmischung nach einigen Stunden bei 25° C und 100 atm. H_2 nicht gelingt, Au niederzuschlagen, so setzen sich bei Durchmischung einer 0.1 *N* $HAuCl_4$-Lösung bei 100 atm. H_2, 25° C und einer Rührgeschwindigkeit von 200 Umdrehungen pro Minute nach einer Stunde ungefähr 20% Au ab, bei 400 Umdrehungen pro Minute—ungefähr 80%, wenn die übrigen Bedingungen die gleichen sind (Au^{III}-Konzentration, Lösungsvolumen, Cl'-Ionenkonzentration usw.). Folglich vergrössert die Durchmischung die Niederschlagsgeschwindgkeit des Goldes ganz bedeutend.

b) Aus einer $AuCl_3$-Lösung erhält man bei gleicher Konzentration der freien Salzsäure und gleichen übrigen Bedingungen (50° C; Konzentration—0.1 *N*; Lösungsvolumen 50 cm³; Durchmischungsgeschwindigkeit ungefähr 600 Umdrehungen pro Minute, usw.), bei verschiedenem H_2-Druck folgende Resultate für den Au-Niederschlag: nach $2^1/_2$ St. bei 60 atm. H_2—0%; bei 80 atm.—50.2%; bei 100 atm.—67.3%; bei 120 atm.—96.0%.

Somit beschleunigt eine Druckerhöhung von 60 auf 120 atm. den Prozess des Niederschlags um ein Vielfaches (von 0 bis 96%).

c) Der Einfluss der Konzentration der freien Salzsäure in der Au^{III}-Lösung wird durch folgende Daten charakterisiert: bei einem H_2-Druck von 50 atm., 50 cm³ Volumen der Ausgangslösung von 0.1 *N* $AuCl_3$ und einer Durchmischungsgeschwindigkeit von 500 Umdrehungen pro Minute schlagen sich ohne freie Salzäure 24.6% des Goldes nieder; jedoch in Gegenwart von 1.2 *N*-, 4 *N*- und noch grösserer Konzentration von HCl gibt es keinen Au-Niederschlag; bei 60° C ohne HCl—30.6% Au; mit 1.2 *N* HCl—17% Au im Niederschlag und bei 4 *N* HCl—14% Au. Folglich verzögert eine Erhöhung der HCl-Konzentration genau so wie die Gegenwart von Alkalimetallchloridlösungen den Au-Niederschlag durch Wasserstoff, wie auch auf Grund ähnlicher Resultate mit Platinmetallen zu erwarten war.

d) Schliesslich ist der Temparatureinfluss auf die Niederschlagsgeschwindigkeit des Goldes vom Standpunkte der Klärung des Prozèssmechanismus von bedeutendem Interesse. Es erweist sich, dass bei einer Temperaturerhöhung von 18° auf 50° C bei gleichen übrigen Versuchsbedingungen die Niederschlagsgeschwindigkeit des Goldes durch Wasserstoff nur unbedeutend zunimmt (bei 18°—Geschwindigkeit=0.0086; bei 25°C—Geschw.=0.0088; bei 50°—Geschw.=0.0098). Bei weiterer Temperaturerhöhung erfolgt ein ziemlich steiler Sprung in der Niederschlagsgeschwindigkeit im Intervalle von 60—75° C. (bei 67°C—Geschw.=0.0155; bei 75C—Geschw.=0.0190), der aller Wahrscheinlichkeit nach mit der Veränderung des Reaktionscharakters bei 70° C zusammenhängt. Bei den meisten Reaktionen bekommt man gemäss der Arrheniusschen Gleichung eine lineare Abhängigkeit zwischen $\lg K$ und $\frac{1}{T}$ (*K*-Geschwindigkeit). Eine Ausnahme stellte bisher die von Rydell untersuchte Reaktion zwischen Schwefel und Wasserstoff dar, bei welcher keine Gerade erhalten wurde, sondern eine Kurve, die auf das Vorhandensein von zwei verschiedenen Prozessen hinweist—eines homogenen bei hoher Temperatur und eines heterogenen bei niedriger. Aus unseren Ergebnissen folgt, dass zwischen dem Wasserstoff und der $HAuCl_4$-Lösung bei verschiedenen Temperaturen verschiedene Prozesse stattfinden, die mit der Veränderung des Gleichgewichts zwischen den Auro- und Auri-Ionen bei Temperaturerhöhung und insbesondere mit der Möglichkeit eines spontanen Zerfalls von $HAuCl_2$ in den Lösungen unter Bildung von Au und $HAuCl_4$ bei erhöhten Temperaturen zusammenhängen.

Laboratorium f. hohe Drucke.
Institut f. allgemeine u. anorganische Chemie.
Akademie d. Wissenschaften
d. UdSSR. Moskau.

Eingegangen
d. 28.VI. 1937.

ZITIERTE LITERATUR

[1] Oberkampf, Ann. Chim. Phys. (1), **80**, 140 (1811). [2] Proust, nach Mellor «Anorg. and theor. Chem.», T. III, S. 596. [3] Schweigger-Seidel, Schweigger's Journ., **65**, 268 (1832). [4] Buisson, Journ. Pharm. Ch., **16**, 638 (1830). [5] Figuier, Journ. Pharm. Chem., **6**, 84, 1820; **8**, 157 (1822). [6] Russel, Chem. News, **28**, 277 (1873). [7] Phipson, Chem. News, **41**, 13 (1880). [8] Tomassi, Chem. News, **41**, 116 (1880). [9] Neumann, ZS. phys. Ch., **14**, 193 (1894). [10] Diemer, Journ. Am. Chem. Soc., **35**, 552 (1913). [11] Tronev, Bulletin Acad. Sci. URSS, série chimique, № **2** (1937).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XVI, № 6

CHEMISTRY

CARROTIN (PROVITAMIN A) IN SAPROPEL

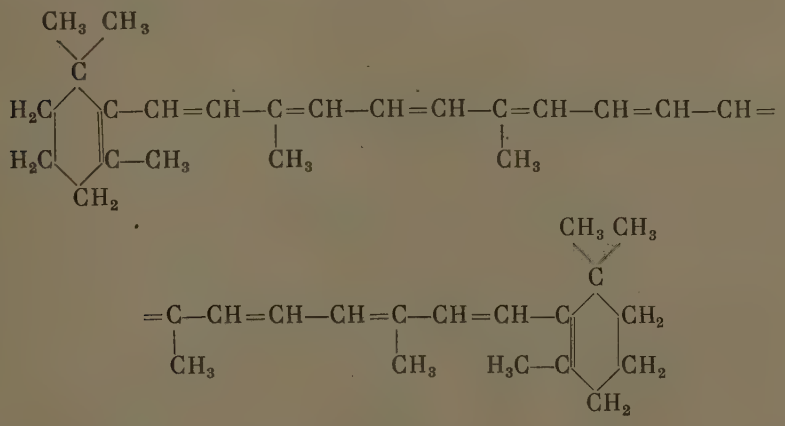
By B. K. KLIMOV and E. I. KAZAKOV

(Communicated by A. E. Favorskij, Member of the Academy, 26. V. 1937)

At the International Congress of Physiologists, held in Leningrad in 1935, the Swedish savant, Baudisch stated that he had discovered carrotin in planktonic silt (gyttia) the content of which, determined by the spectrophotometrical method, reached up to 0.6 mg per g of anhydrous and non-ash gyttia (1).

Carrotin—the red pigment of the carrot, belongs to the group of unsaturated hydrocarbons and by its chemical nature and physiological action approaches very closely to the antixerophthalmic and anti-infection factor—vitamin of growth A (2).

β-carrotin:



Like the lipochromes, carrotins always accompany vitamin A in plants. In the liver or suprarenal crust layer, carrotin is converted into vitamin A, the ferment of carrotinase being involved in the process.

Up to 5 mg of raw carrotin is contained in 100 g of raw carrot (3), the resultant pure crystallic carrotin equalling 0.25 mg. According to the determination of Murry (4) cauliflower contains 0.012214 per cent carrotin in the air-dry substance.

In view of the fact that the Swedish gyttia is actually related to some specimens of our sapropels, we undertook the task of investigating several of these sapropels for their carrotin content, and, in the event of its being discovered, to determine its quantity and then separate it.

We took as objects for our investigations both lake and marshland sapropels, air-dried in pieces. The method of carrotin separation was as follows:

About 4.8 kg of finely comminuted air-dried sapropels was exhaustively extracted in a Soxlet apparatus by means of sulphuric ether. The resultant extract was concentrated in vacuum and saponified with a saturated solution of caustic potash in methanol. The solution was diluted with water, and petroleum ether was added. The mixture was thoroughly mixed by careful shaking in a measuring funnel and was then allowed to settle. The bottom, aqueous layer, containing saponified substances and chlorophyll, was removed. In order to completely remove the residues of alkali and other saponified substances, the orange-red solution in petroleum ether was rinsed several times with water. The removed aqueous solution of saponified substances was extracted by petroleum ether in order to separate the remaining yellow pigments. The extract was united to the main solution of pigments in the petroleum ether.

The solution was then extracted several times by methanol in order to remove the xanthophyll and, after this, the methanol was washed off by water.

The petroleum ether solution was dried by anhydrous sodium sulphate, and in the measuring flask brought up to the marking point by petroleum ether. Both qualitative and quantitative determination of carrotin was effected by us in this solution.

Qualitative presence of carrotin was discovered by us by means of reaction with concentrated sulphuric acid [Drummond and Watson ([5])] and by the reaction with chloride of arsenic ([6]).

Quantitatively carrotin was determined by the calorimetrical method, an 0.2 per cent solution of potassium dichromate in water, corresponding to pigmentation of 0.0268 g of carrotin in a litre, being applied as a standard solution. In the extract obtained from 4.8 kilograms of Tolpolovski marsh sapropel from the Leningrad Region, 0.48 g of carrotin was found; and from the Polovchinski lake sapropel—0.12 g, that is 0.01 and 0.0025 per cent of carrotin in the dry sapropel respectively.

As shown by analogical investigations, sapropel from Lake Kolomenskoe, Kalinin Region, contains merely traces of carrotin, whilst marsh sapropel from the Chebulin Sovkhoz, Oyashsk district (Western Siberia), on the contrary, contains considerable quantities of carrotin (about 0.02 per cent).

The preliminary investigation conducted thus have shown that the sapropels we have studied, without a doubt, contain carrotin in quantities of 10—20 mg per 100 g of dry substance, and also that carrotin is contained to a greater extent in marsh sapropels and not in lake silts.

At the present time the Section of Chemistry and Technology of Low-Calory Fuels of the Institute of Combustible Minerals of the Academy of Sciences of the USSR is engaged in evolving a method for obtaining carrotin in its pure form from sapropels as well as means for the simple and rapid determination of carrotin in them.

We are likewise engaged in the study of the sources of origin of carrotin in sapropels and the content of carrotin in various types of deposits.

At the initiative of M. M. Chernysh, in 1935, the Chebulin Sovkhoz in Western Siberia applied marsh sapropel as a supplementary fodder for different groups of cattle. It was found, as a result, that the animals receiving sapropel showed a 20 per cent higher increase in weight over the same period

as compared with control groups of cattle to whom no sapropel was given in their feeding ration.

In addition, it was discovered in the dams that the birth rate increased, whilst the number of stillborns fell sharply.

These facts, in our opinion, are not to be explained only by the content of mineral fractions in the sapropel or by the high content of nitrogenous substances.

In the light of our work the content of carrotin provitamin A in sapropel becomes of particular importance. In the event of further confirmation of the high content of carrotin also in other sapropels in the Soviet Union our sapropel deposits represent a practically inexhaustible source of vitaminous fodder.

Institute of Combustible Minerals.
Academy of Sciences of the USSR.
Moscow.

Received
26.V.1937.

REFERENCES

[1] Труды 15-го Международного конгресса физиологов, стр. 24 (1936). [2] Бессонов, Успехи биол. химии, вып. VI (1928). [3] Н. Н. Иванов, Методы физиологии и биохимии растений (1935). [4] И. К. Мурри, Труды Инст. прикл. ботан., селекц. и ген. (1935). [5] Орлов, Цветные реакции на витамин А, Снабтехиздат (1935). [6] Rosenheim u. Drummond, Biochem. Journ., **19** (1925); **83** (1931).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XVI, № 6

GENETICS

THE OCCURRENCE IN NATURE OF POLYPLOID MUTATIONS IN WILD MONOCOCCAL WHEAT

By M. G. TUMANIAN

(Communicated by N. I. Vavilov, Member of the Academy, 15. V. 1937)

Recent observations made by us have disclosed a series of new and most interesting facts throwing light on the origin and philogeny of wild wheats.

It has been found that the one-awned monococcal forms of wheat (Ssp. *aegilopoides* Bal.), under conditions existing in Soviet Armenia, frequently pass into the two-awned forms (Ssp. *thaoudar*) and that essentially there is no marked difference between them. It is a common phenomenon for one and the same plant to produce both one-awned and two-awned ears. Even within one and the same ear this character can vary considerably and depends on the number of seeds developing on it; dicoccal ears have two awns, while monococcal have one.

Mutations of the one-awned forms in the direction of the two-awned are more frequently observed than those in the inverse direction.

In individual plants of pure lines of wild monococcal and dicoccal varieties hereditable open- and compact-eared forms frequently occur.

Pigmental mutations are very common and well marked in the black-eared forms. It is sometimes possible to observe all the transitions from the black- to the white-eared form inclusively on a single plant. During the process of segregation, there appear forms of the transitional type with black along the edge of the glumes and at the base of the awns, etc.

Cases of the occurrence of green-seeded forms of wild monococcal varieties are numerous. We possess a series of lines of green-seeded *aegilopoides* and *thaoudar*.

The most interesting phenomenon is, however, the spontaneous appearance of polyploid mutations.

In 1935, a wild dicoccal form appeared among the off-spring of a single ear of wild two-awned monococcal v. *fuseum*, the rest being one-awned monococcal plants. This was then explained as due to chance.

In 1936, of the 9 plants constituting the off-spring of a single ear of a wild dicoccal *Tr. dicoccoides* Körn (line 256/36 v. *araxicum*), 5 were white-eared dicoccal plants (*Tr. dicoccoides*), while 4 were white-eared monococcal plants.

Apparently we have to deal here with the segregation of a polyploid produced by mutation from the 14-chromosome wild wheat, Ssp. *aegilopoides*.

This is indicated by the nature of the segregation, where the components are, on the one hand, the 14-chromosome wild monococcal wheat constituting

almost half the total number of plants, and, on the other hand, the 28-chromosome wild wheat, *Tr. dicoccoides*.

We shall now pass to the most interesting case, the spontaneous occurrence of a polyploidal mutation in a wild Armenian monococcal wheat plant. In 1936, one of the wild one-awned monococcal plants (pure line 1125/36) with black ears on a red background—v. *melanorubrum*, bore an ear markedly differing in its habitus from the remaining ears of the same plant.

The mutant ear was very large, brittle, black on a red background, with smooth glumes. In general, it resembled the original form but greatly enlarged in its dimensions. Its double-rowed side was double the width of that of the original form, while the anterior side was about one and a half times as wide. Its length was 10 cm. Its compactness, 2.5, whilst in the orginal it was 2.1. The straw of this ear was deformed. The spikelets had two well-developed awns. The chaff-scales were almost half the length of, or more that one third shorter, than the flower glumes, differing in this from the wild monococcal plants.

The chaff-scales are furnished with two teeth, as the original form. The surface of the chaff-scales is somewhat convex, whilst in the wild monococcal plant it is flat.

The contours of the scales are slightly rounded, while in the wild monococcal form they are more rectilinear. Similarly to the monococcal plants, the keel and the main lateral nerve are indented. The internodes of the rachis are slightly pubescent. The margin beyond the outer keel is very wide.

A cytological analysis made by the Electro-Biological Laboratory of the Scientific Research Institute for the Electrification of Agriculture (Moscow) showed that the chromosome number in the mutant is double than in the original form; the chromosome number in the wild monococcal wheat v. *melanorubrum* No 3 is 14 (Fig. 1), and in the mutant, 28 (Fig. 2).

Thus, as a result of the doubling of the chromosome set associated with a disturbance in the normal division of the germ cell, there arose a new species of tetraploid wild wheat distinguished by a whole complex of typical features. This species is separated by us as *Tr. jerevani* (sp. nova). (Fig. 3, on the right).

This new species differs from the 28 chromosome species of wild wheat, *Tr. dicoccoides*, discovered by us previously in Soviet Armenia, in the following essential characters:

1. The chaff-scales are much shorter than the flowering glumes (being almost half or a little more than half the length of the latter) whilst in *Tr. dicoccoides* they are of equal length.

2. The chaff-scales are furnished, as in the wild monococcal varieties, with two well-developed teeth separated by an acute angular notch. In *Tr. dicoccoides* the chaff-scale has only one well-developed tooth, the second (outer) tooth being absent or greatly reduced.

3. The chaff-scales of the new species have a wide lateral margin, weakly convex surface and slightly rounded contours. In *Tr. dicoccoides* the scales are flat with a very narrow margin, the contours are more rectilinear.

4. The ear of the new species is larger, as compared with that of *Tr. dicoccoides*, and black; such forms have not been discovered as yet in the dicoccal varieties of Armenia.

Further studies will undoubtedly reveal a number of new differences, especially of a biological and physiological nature.

The above established facts are of great theoretical significance; they explain the mutational origin of a whole series of forms and species both of wild and cultivated wheats. On the other hand, this shows the immense role of polyploid mutation in the origination of individual species. It should be noted that the processes resulting in the formation of new species not only

occurred in the distant past but are likewise occurring in our days. In the light of these facts, of special significance is the circumstance that the wild monococcal wheats are constant associates of the wild dicoccal varieties in the areas of distribution of wild wheats in Armenia and the neighbouring Nakhichevan Republic. These associates are not casual, but are «of one blood», of one origin.

Academician N. I. Vavilov has repeatedly expressed the opinion that the wild dicoccal variety is probably a polyploid form of the wild monococcal variety.

The facts in hand not only fully confirm the above presumption, but also explain the nature of these processes. *Tr. Timopheevi* Zhük. belongs to for-

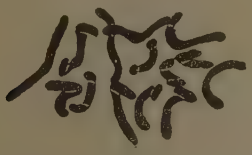


Fig. 1. Somatic plate of the wild monococcal variety ($2n=14$) Ssp. *aegilopoides*.

Fig. 2. Somatic plate ($2n=28$) of *Tr. Jerevani* sp. nova.

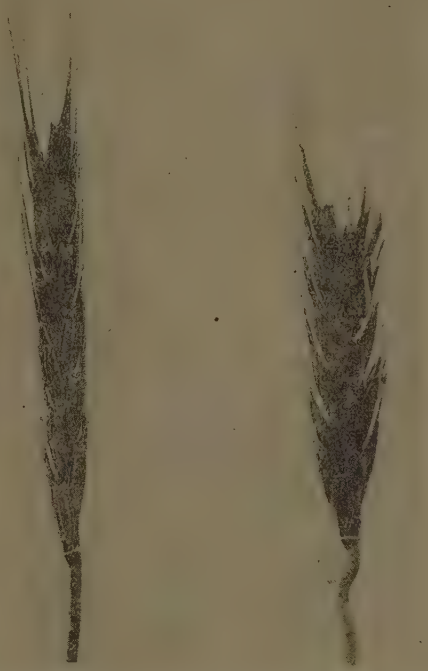


Fig. 3. Left, wild monococcal variety, Ssp. *aegilopoides*; on the right, tetraploid wild wheat,— *Tr. Jerevani* sp. nova

mations of a similar kind. The facts established by us, indicate that this wheat is a tetraploid form of the cultivated monococcal v. *Hornemani*, which is a constant associate of *Tr. Timopheevi*. In this case likewise the process of the formation of this wheat species occurred not only in the distant past but is occurring now under the specific conditions of Western Georgia.

We shall deal elsewhere with the numerous facts of the spontaneous appearance of polyploids among cultivated wheats.

The cytological analysis was performed by L. A. Sluckaja (Chair of Botany, Timiriasev Agricultural Academy). I consider it my pleasant duty to express my gratitude to L. A. Sluckaja and A. I. Atabekova.

Biological Institute.
Armenian Branch of the Academy of Sciences
of the USSR. Erevan.

Received
15.V.1937.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XVI, № 6

PLANT PHYSIOLOGY

FLOWER-BUD DROP IN SOME VARIETIES OF THE COTTON PLANT UNDER THE INFLUENCE OF DIFFERENT LENGTHS OF DAY

By J. V. RAKITIN

(Communicated by A. A. Richter, Member of the Academy, 26. VI. 1937)

The purpose of this paper is to elucidate some data concerning the shedding of flower-buds by some varieties of the cotton plant cultivated under daylight of different duration (a normal Moscow day and a shortened 10-hour day).

This work was carried out with varieties of America (Navrotski and 114) and Egyptian (Marad, 494—2, 486—2 and 3406) cotton plants. The plants were grown in pots containing 7 kg of soil on a greenhouse plot and in a hothouse of the Institute of Plant Physiology, Academy of Sciences of the USSR, in Moscow. The seeds were planted on June 11, 1936. After the appearance of the seedlings (18—19 June), three plants were left in each pot.

The experiment of cultivating the plants under different conditions of daylight was started immediately on the appearance of the third true leaf. The conditions of a short 10-hour day were set up by rolling the trucks with the pots into a dark hut at 6 p. m. and in rolling them out again on to the illuminated plot at 8 a. m.

The long day corresponded to the normal Moscow day. The plants of the short-day series were kept under the 10-hour day till October 5, 1936, when, together with the long-day series, they were transferred to the hothouse, where they remained till the end of the experiment. The main results of the observations, continued up to January 15, 1937, are given in the Table.

The Table clearly shows that the development of the plants of the long-day series differs markedly from that of the plants of the short-day series. This difference is especially noticeable when one compares the American and Egyptian varieties of the cotton plant. The plants of the long-day series started budding from 5 to 30 days later than those of the short-day series. Of the six varieties of the long-day series, only the relatively early variety 114 started flowering and forming pods. Under the 10-hour day, this variety started flowering 15 days earlier than under the long-day. The remaining five varieties did not flower under the long day, as they had shed all their flower-buds.

It must also be noted that the duration of daylight greatly affects the height of the origin of the first fruit-bearing sympodial branch. While in the plants of the short-day series the first sympodial branch appeared at the fifth or sixth node, in the plants of the long-day series it developed at the seventh, eighth or even fourteenth node. An examination of the 6th and 7th columns of the table leads to the conclusion that flower-bud drop occurs under the conditions of intensely developing growth processes, while the

Length of day	Variety	Beginning of budding	Beginning of flowering	Mean of 10 measurements: Height of origin of 1st fruit-bearing brach in nodes	Mean of 10 measurements: Height of plant on Aug. 16, in cm	Mean of 10 measurements: State of flower buds and ovaries on Aug. 16	Height of plants on Sept. 29	State of flower buds and ovaries on Oct. 13	Height of plants on Jan. 15
Normal Moscow day	114	July 26	Aug. 25	7	46	not-dropping	70	not dropping	75
	Navrotski	July 26	did not flower	8	62	dropping	68	»	70
	Marad	Aug. 19	» »	11	83	»	78	»	81
	494—2	July 25	» »	12	78	»	80	»	82
	3406—1	Aug. 15	» »	13	70	»	82	»	85
	486—2	Aug. 19	» »	14	65	»	72	»	75
10-hour day	114	July 20	Aug. 10	5	40	not-dropping	42	not dropping	45
	Navrotski	» 20	» 9	5	33	»	40	»	43
	Marad	» 20	» 15	6	40	»	46	»	50
	49'—2	» 20	» 13	6	45	»	50	»	55
	3406—1	» 19	» 15	5	49	»	50	»	55
	486—2	» 13	» 13	5	44	»	49	»	52

development of buds that do not drop and later of ovaries is associated with a strongly depressed growth.

The characteristical difference in the development of the cotton plant under a normal Moscow day and under a 10-hour day is illustrated by Figures 1 and 2.

Fig. 1. The development of plants (variety 494-2) cultivated under 10-hour daylight (10) and under normal Moscow (N) day.

In the first half of October, i. e. when the duration of the normal Moscow day had shortened to about 10 hours, the plants cultivated under normal illumination ceased to shed their flower-buds. The formation of non-dropping flower-buds was concentrated at the very uppermost part of the plant. The morphological modifications caused by a long day in some forms oe the cotton plant—a morf vigorous growth, flower-bud drop, as well as the formation of non-dropping buds with the natural shortening of the day, had been noted by Konstantinov (2). The general state of the cotton plants of both the long and the short-day series on January 1 is shown in Fig. 3 and 4. The plants were photographed when the pods of the short-day series were opening. The figures in the Table show that the cessation of the flower-buds drop in the plants of the long-

day series was closely connected with a decrease in the intensity of growth, which slowed down with the shortening of the natural length of day.

In the middle of January, part of the plants, both of the long-day and the short-day series, were transferred to conditions of continuous illumination: during the day, the plants received natural illumination, while during the night, they were illuminated by electric lamps.

Fig. 2. The development of plants (variety Marad) cultivated under 10-hour daylight (10) and under normal Moscow (N) day.

Continuous illumination produced a marked intensification of growth. During the first 20 days of continuous illumination, the height of the plants increased 15—25cm.

On February 5, for the purpose of checking their growth, half of the plants were subjected to «pinching» (i. e. nipping of their main shoot and a simultaneous cutting of their non-fruitbearing growing buds).

The results of the «pinching» were recorded on April 1. The height of the plants subjected to «pinching» increased, during the period from February 5 to April 1, only 3—6 cm, attaining 100—110 cm, whilst the untreated plants reached by this same time 140—155 cm. All the buds of the «pinched» plants flowered soon after the operation and produced normally developing

Fig. 3. General state of plants (variety Marad) on January 1. On the right, the plant cultivated under 10-hour daylight and on the left, that of the normal Moscow day.

Fig. 4. General state of plants (variety Navrotski) on January 4. On the right, the plant cultivated under 10-hour daylight and on the left, that of the normal Moscow day.

non-dropping ovaries, which by Aprill 1 reached two-thirds of the size of the ovaries formed on the plants of the short-day series (not more than 1 or 2 of the 7—8 buds on the «pinched» plants were shed). The buds of the «unpinched» plants flowered 5—7 days later than those of «pinched» ones. The ovaries resulting from the flowering of the «unpinched» plants increased very slowly in size and then ceased growing entirely, turned yellow, and at last were shed. An essential feature in the development of the «unpinched» plants was that the ovaries developed only from those buds which had more or less formed at the moment of «pinching»; all the buds appearing on the young stem above the place of attachment of the buds formed before the «pinching», dropped (withered) being still in a rudimentary state. Observations of the development of the «unpinched» and «pinched» plants under conditions of continuous illumination corroborated the above-stated conclusion to the effect that the phenomenon of bud drop is intimately associated with the processes of growth: the intenser are the processes of growth of the vegetative organs (stems) the more marked is the shedding of buds and ovaries by the plant; and, inversely, the more the processes of growth are inhibited (these processes are most strongly inhibited by «pinching») the more favourable conditions are set up for the formation and development of the buds and later of the ovaries.

The behaviour of the plants of the short-day series under conditions of continuous illumination was analogous to that of the plants of the long-day series. The plants of the short-day series were placed under conditions of continuous illumination during the stage of the pod opening. Vegetative growth was by that time practically absent from all the plants with ripening pods, and a considerable part of the leaves had been shed. In short, the plants of the short-day series had, at the time of they being placed under conditions of continuous illumination, the appearance of cotton plants terminating their cycle of development. But twenty days of continuous illumination produced marked changes in these plants.

During this time, the main shoots increased 8—12 cm, the lateral axillary buds also commenced to grow, and a large number of leaves and buds appeared on all the young shoots. On February 5, as has been stated above, half of the plants of the short-day series which had been placed under continuous illumination were subjected to «pinching».

By April 1, the height of the «unpinched» plants of the short-day series attained 130—140 cm, i. e. these plants differed but little in height from the «unpinched» plants of the long-day series, while the height of the pinched plants of the short-day series had increased only a few centimetres by that date. The nature of the development of the buds and ovaries of the «pinched» and «unpinched» plants of the short-day series under conditions of continuous illumination was analogous to that of the buds on the «pinched» and «unpiched» plants of the long-day series.

The data obtained may be easily explained from the standpoint of Acad. Lyssenko's conceptions concerning the regularity in the distribution of nutrient substances in the plant. On the basis of his study of the biology of the cotton plant, Lyssenko arrives at the following conclusion: «The apex of the main stem of the cotton plant is supplied with water better and in larger quantities than any horizontal branch growing on it, and the vigorously growing main shoot absorbs, together with the water, a considerable part of the nutrient substances. This results in the lateral fruit-bearing branches losing their ovaries, which develop poorly owing to lack of nutrition and are shed. This is the reason why a cotton plant that develops 40—60 buds loses a considerable part of them».

This clearly shows that, in order to eliminate the shedding of flower-buds and ovaries, it is necessary to modify the natural distribution of the nutrient substances and to make them flow towards the buds and the ovaries. «The simplest method of attaining this, is to remove the tip of the main stem with a simultaneous removal of the non-fruitbearing growing buds situated below the first fruit-bearing branch. Thus «pinching» eliminates all competitors and directs the food along a new route—towards the developing buds of the lateral fruit-bearing branches» ([1]).

The justness of Lyssenko's conceptions was confirmed by the extensive practical application of this method in the collective farms of the Ukraine, North Caucasus, Crimea and other cotton-growing regions. Whereever «pinching» was applied, due allowance being made for the peculiarities in the development of the plants, it gave positive results.

In our case, an increase in the length of day leads to the fact that the consumed nutrient substances are used for processes of vegetative growth rather than for the normal development of the fruit-bearing organs. The short day, on the contrary, while worsening the conditions of growth, favours the use of the consumed nutrient substances for the development of buds and ovaries.

It is particularly interesting that, for normal bud formation, it is not the absolute quantity of assimilates synthesized by the plant that is important, but only the amount of those reaching the buds. There is no doubt that the absolute quantity of assimilates formed by the cotton plant in July and August is greater than that synthesized in October. Nevertheless, the buds formed in July and August drop, while those developing in October do not. This phenomenon may be explained only by the buds being in October under relatively better conditions of nutrition than in July or August. The better conditions of nutrition in October are due to the short autumn day unfavourably affecting the conditions of growth processes and thus decreasing the amount of nutrient substances used for growth. This, in turn, leads to a redistribution of the nutrient substances within the plant: the bulk of nutrient substances is now at the disposal of the developing buds. The fact that in the «pinched» cotton plant (ready for fruiting) grown under continuous illumination, the buds do not drop whilst in the «unpinched» cotton plant grown under identical conditions the buds do drop, definitively confirms us in the belief that the fundamental cause of the dropping of buds and ovaries on increasing the length of day lies, not in any direct injurious effect of prolonged illumination on the buds, but in the more unequal distribution of nutrient substances within the plant. This inequality is caused by the long day stimulating the growth processes, the main mass of nutrient substances being used for these processes rather than for the nutrition of the buds.

«Pinching» radically changes the natural distribution of nutrient substances and sets up conditions for their free flow to the buds, independent of the day length.

Timiriasev Institute of Plant Phisiology.
Academy of Sciences of the USSR. Moscow.

Received
26. VI. 1937.

REFERENCES

[1] Т. Д. Лысенко, Чеканка хлопчатника. [2] Н. Н. Константинов, Фотопериодизм хлопчатника, САОГИЗ (1934).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XVI, № 6

ZOOLOGIE

LEBENSFORMEN DER AMEISEN

Von K. ARNOLDI

(Vorgelegt von S. A. Zernov, Mitglied d. Akademie, d. 22. VI. 1937)

Die Ameisen sind, bekanntlich gesellige Insekten, die gewöhnlich in sehr grossen Kolonien und in bisweilen sehr komplizierten Nestern leben. Die Tatsache, dass sehr viele Individuen in lange Zeit existierenden Nestern zusammenleben, ist für eine Reihe wichtigster biologischer Momente dieser Tiere massgebend. Die Fähigkeit zu einer sehr intensiven und vielseitigen Ausnutzung der Umgebung gestattet den Ameisen ihre Wohnstätte sehr dicht zu besiedeln. In manchen Fällen werden auf 1 m^2 zehn oder mehr Nester verschiedener Ameisenarten gebaut. Wenn wir nun in Betracht ziehen, dass die Bevölkerung eines Nestes aus mehreren Hunderten und Tausenden Individuen besteht, deren grössten Teil Raubtiere bilden, so wird die ungeheure Rolle der Ameisen unter den Landwirbellosen ganz klar: in vielen Fällen unterdrücken und bestimmen die Ameisen die Anzahl und Bedeutung anderer Komponenten der Zönose.

Somit ist der Faktor des massenhaften Vorkommens der Ameisen und des geselligen Lebens grosser Massen aktiver Individuen für ihre wichtige Rolle in den Zönosen der Landwirbellosen von entscheidender Bedeutung. Diese Rolle kommt durch vielfache Beziehungen zu anderen Mitgliedern derselben Zönose zum Ausdruck. Diese Wechselbeziehungen zwischen den Ameisen der Zönose können sehr fest und beständig sein, was besonders für die symbiotischen, sowie für die parasitären und für die auf die Ernährung auf Kosten der Jungen anderer Art angewiesenen Formen gilt (Lestobiose bei *Solenopsis* usw.). Gewöhnlich ist aber der grösste Teil unserer Ameisen viel enger mit anderen Mitgliedern der Zönose als untereinander verbunden. Diese verschiedenartigen Bindungen beziehen sich im wesentlichen auf die trophische Gruppe. Ungemein wichtig ist die Rolle mancher Arten als aktiver Räuber, da sie unsere Wälder von Millionen anderer, oft sehr schädlicher Wirbellösen förmlich reinigen. Andererseits sind die Ameisen die beständige Beute vieler Tiere, im besonderen auch vieler Wierbeltiere. Diese Verhältnisse liegen aber nicht in dem Bereich der betrachteten Zönosen. Grosse Bedeutung erlangen manche Arten indirekt, nämlich durch die Beschützung gewisser Blattläuse; viele Milliarden dieser pflanzensaugenden Insekten werden von den Ameisen sorgfältig gepflegt. Die im Süden höchst verbreitete Myrmekophilie muss auch erwähnt werden: die Nester von *Messor*, *Pheidole*, *Tetramorium* u. a. geben oft grossen Mengen verschiedener myrmekophilen Tiere Aufenthalt.

Von grosser Bedeutung sind die Ameisen auch für den vegetativen Teil der Zönose; in dieser Hinsicht sind auch mannigfache Beziehungen, und zwar trophischen Charakters, zu beobachten. Die grosse Gruppe der «Ameisen-Schnitter» (bei uns—die Arten der Gattung *Messor*, Kornsammler) wird unmittelbar. durch Pflanzenernährung gekennzeichnet. In den Wäldern kommt den Ameisen die Bedeutung eines Verbreitungsmittels für viele Pflanzen—Myrmekochoren usw. zu.

Obgleich die Ameisen oft in grossen Nestern tief unter der Erde wohnen und von manchen ökologischen und biotischen Faktoren isoliert sind, so zeigt doch die Erfahrung, dass sie hinsichtlich ihrer Umgebungsbedingungen höchst feinfühlig sind und ausgezeichnet auf verschiedene Faktorenkomplexe reagieren. Deswegen sind die einzelnen Arten, in noch höherem Grade aber ihre Gruppierungen, gute Erkennungsmerkmale für die ökologischen Bedingungen. Das macht unsere Insekten zu zuverlässigen «Leitformen» in vielen Arbeiten, wo die Fragen über die Verteilung der Landwirbellosen und ihrer Zönosen behandelt werden.

Meine mehr als zehnjährige Praxis zönologischer Arbeit führte mich zu dem Schluss, dass der durch die Ameisen vertretene Teil der Zönose den grundlegenden Momenten nach durchaus nicht gleichartig ist, sondern dass diese Ungleichartigkeit uns gerade die Möglichkeit gibt, die in der Natur bestehenden, charakteristischen biologischen Gruppen zu unterscheiden. Die Beziehungen zwischen den Hauptgruppen sind für die verschiedenen Zönosen und Zonen, sowie für die verschiedenen Wohnbedingungen höchst typisch. Es stellt sich ferner heraus, dass diese Gruppen nicht nur ihre eigene ökologische Physiognomie besitzen, sondern auch viele Jahrhunderte zurück zu verfolgen sind und Elemente von ganz bestimmten historisch-faunistischen Charakter und Herkunft enthalten. Die in meiner Arbeit gemachten Erfahrungen führten zu Feststellung dieser grundlegenden biologischen Gruppen, die ich als eigenartige Lebensformen betrachte—ein Begriff, der auf die Ameisen bis jetzt noch nicht angewandt wurde.

Meiner Einteilung der Lebensformen lege ich zwei wichtige Momente zugrunde: a) die Ernährungsweise und der Ort des Nahrungserwerbs, b) der Charakter des Nistens.

Die Natur unserer gemässigten Zone erlaubt uns folgende Lebensformen zu unterscheiden, die ich nach der allgemeinen Terminologie von Dogiel bezeichne.

I. G e o b i u m. Die Ernährung und der Nahrungserwerb geschieht durchweg unter Tag. Die Ameisen sehen das Tageslicht nur während des Hochzeitsfluges. Die Nester sind unterirdisch.

II. H e r p e t o b i u m. Gewöhnliche Ameisen der Tagesoberfläche, die sich entweder als aktive Raubtiere oder auf Kosten der an den oberirdischen Pflanzenteilen wohnenden Blattläuse nähren, oder Pflanzen fressen und in Erdnestern von verschiedenem Bau leben.

III. D e n d r o b i u m. Auf Bäumen wohnende Arten, die sich von Blattläusen- und Coccoiden-Exkreten ernähren, zum Teil Raubtiere, die ihre verschiedengestalteten Nester die bisweilen sehr gross und kompliziert sind, in lebendem oder totem Holz bauen.

IV. S y m b i o t i s c h e G r u p p e. Ameisen, die mit anderen Ameisenarten wohnen und in ihrer Ernährung teilweise oder vollständig auf die Hilfe dieser Arten angewiesen sind.

Die grundlegenden Lebensformen, oder biologische Gruppen, sind in der Natur im allgemeinen gut charakterisiert. Zugleich treten natürlich noch einige wichtige Untergruppen hervor, die, um eine deutlichere Vorstellung vom Charakter und der Herkunft der Zönose zu gewinnen, durchaus zu berücksichtigen sind.

Das Geobium (hypogeic ants von Wheeler) schliesst eine wichtige Untergruppe der Ameisen ein, die sich vom Saft der Wurzelläuse ernähren. Hierher gehören die für die Landschaft der gemässigten Zone höchst kennzeichnenden gelben Arten der Gattung Lasius,—durchweg unterirdische Ameisen, die in dichten, von Gras durchsetzten Erdhügeln wohnen. Eine nicht weniger wichtige Untergruppe bilden die kleinen Ameisen der Waldspreu—die Arten der Gattung *Ponera*, *Stenamma*, *Myamecina*, *Epitritus*. Sie sind mehr in den südlichen Teilen der Paläarktik, meistens in Laubwäldern mit einer reichen Unterlage aus faulendem Laub u. s. w. verbreitet; sie sind stets primitive Räuber. Recht nahe stehen ihnen die eine besondere Untergruppe bildenden Arten der G. *Solenopsis*—das sind kleine unterirdische Räuber, die sich von der Brut anderer Ameisen ernähren und teilweise zur Bevölkerung der Waldspreu (*S. latroites* Ruz. im Kaukasus) gehören.

Im Herpetobium sind auch einige Untergruppen zu unterscheiden. Zu der Gruppe der Raubameisen gehören viele unsere Formen: alle Arten der G. *Myrmica*, *Aphaenogaster*, *Leptothorax*, *Cardiocondyla*, *Cataglyphis*, *Acantholepis*, viele Arten von *Crematogaster*, *Pheidole*, *Bothriomyrmex*, *Formica*, *Camponotus*, teilweise auch die dunklen *Lasius* u. s. w. Das sind aktive Räuber, die unter verschiedenen Bedingungen auf die Beute gehen: im Walde, auf Wiesen, in der Steppe und Wüste. Vielen von ihnen ist als Ergänzungsnahrung auch «das Melken» der Blattläuse eigen, doch herrscht der Raub in der Regel vor. Die Untergruppe der sich vorwiegend von Blattläusen- und Cocciden-Exkreten auf den oberirdischen Pflanzenteilen nährenden Ameisen bilden *Lasius brunneus* Ltr., oft auch *L. alienus* Först., die Arten der G. *Tapinoma*, *Proformica nasuta* Nyl., *Camponotus piceus* Leach und *C. interjectus* Mayr; eine geringere Rolle kommt den Blattläusen bei den Arten *Formica*, *Plagiolepis*, *Camponotus aethiops* Ltr. u. a. zu.

Ausserordentlich gut gekennzeichnet ist die Untergruppe der Körnersammelnden Ameisen-Schnitter *(Messor)*, die in den südlichen Steppen und Wüsten vorkommen. Wir müssen noch die Untergruppe der Ameisen mit gemischter Ernährung absondern, wo es unmöglich erscheint, diese oder jene Ernährungsweise als vorherrschend zu bezeichnen und die Ameisen potentielle Allesfresser sind: «das Melken» der Blatt- und Wurzelläuse, sowie vegetabilische Ernährung neben fortwährender Rauberei finden wir in der Regel bei vielen Arten von *Tetramorium*, besonders bei der weitverbreiteten *Tetramorium caespitum* L. In der Praxis müssen wir in diese Untergruppe auch andere Formen mit gemischter Ernährungsweise, wie *Camponotus aethiops* Ltr., *Plagiolepis*, teilweise *Formica* u. s. w. einschliessen.

Die Gruppe des Dendrobiums ist höchst typisch und besteht aus echten Baumbewohnern, wie *Crematogaster scutellaris* Ol., *Leptothorax corticalis* Schenck., *L. korbi* Em., *L. brauneri* Ruz., *L. affinis* Schenck., *Dolichoderus quadripunctatus* L., *Liometopum microcephalum* Panz., *Camponotus vagus* Scop., *C. caryae* Fitch., C. *truncatus* Spin., *Lasius emarginatus* Ol., L. *brunneus* Ltr., *L. fuliginosus* Ltr. u. a. Hier treffen wir die kleinen, nicht auffallenden, aber sehr zahlreichen *Leptothorax* und die vorsichtigen *Camponotus*, *Dolichoderus*, ferner die höchst aktiven, flinken und grimmigen Räuber *Crematogaster*, *Liometopum*, *Lasius emarginatus* Ol. an, die in manchen Fällen in den Waldzönosen vorherrschen.

Die symbiotische Gruppe habe ich als eine Ergänzungsgruppe abgesondert, sofern die hierzu gehörenden Arten meistens in ihren Nisten und ihrer Ernährung von den Wirts-Ameisen, oder von den Hilfsarten abhängig sind. *Polyergus*, *Rossomyrmex*, *Formica sanguinea* Ltr. u. a. werden in dieser uneinheitlichen, durch die erwähnten Merkmale verbundenen Gruppe vereinigt.

Innerhalb jeder einzelnen Zönose stellen die von mir abgesonderten biologischen Gruppen die eigenartige Erscheinung der Gemeinschaftsstratifikation dar und sind am besten mit den Synusien von Gams (1917) zu vergleichen.

Zum Schluss möchte ich hervorheben, dass in der allgemeinen Analyse der Zönosen, die Ermittelung der Lebensformen und ihrer Beziehungen grosse Vorteile für das Verständnis der gegenwärtigen Beziehungen zwischen den Gruppen, besonders aber der historischen Entwicklung der grundlegenden Beziehungen innerhalb der Zönose, gewährt. In der heutigen Fauna der Holarktik ist das Dendrobium eine verschwindende Erscheinung, die in die weit zurückliegenden Mittel- und Untertertiärzeiten geht; noch mehr gilt dies von den Raubtieren des Geobiums: das ist ein echtes tertiäres Überbleibsel der zönologischen Verhältnisse und der Gemeinschaftsstruktur, was besonders die Untersuchung der Verteilung und des Charakters der Lebensformen in der heutigen Landschaft von Eurasien beweist. Diese Frage bedarf aber einer speziellen Erörterung.

Zoologisches Institut
der Akademie der Wissenschaften d. UdSSR.
Leningrad.

Eingegangen
d. 22. VI. 1937.

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XVI, № 6

EXPERIMENTAL MORPHOLOGY

EXPERIMENTS ON THE REVERSION OF POLARITY DURING REGENERATION IN *LUMBRICULUS VARIEGATUS* MÜLL.

By L. N. ZHINKIN

(Communicated by N. V. Nassonov, Member of the Academy, 4. VII. 1937)

Among a number of various *Oligochaeta lemicola*, *Lumbriculus variegatus* is distinguished by its capacity to regenerate a head, when its anterior end is amputated, irrespective at what level. The experiments of Haffner [1928(1) and 1930(2)], have shown that when a wound of the nature of an incision is made in the body of *L. variegatus*, a lateral regenerate is produced in a certain number of cases. In this phenomenon of the formation of lateral regenerates Haffner discovered a definite regularity: if the wound is located in the anterior part of the body, a head is formed; when in the posterior part, the regenerate is a tail; and if in the middle part of the body, a double regenerate is produced, consisting both of a head and a tail.

These experiments [corroborated by Colley, 1931(3), and by Zhinkin, 1935(4)] show that in the body of the worm two regions or territories may be distinguished, these being influenced respectively by two qualitatively different dominant areas. These dominant areas are: the head, consisting of seven larval segments, and the tail regenerate at the posterior end (Fig. 1). These findings are in full agreement with Hyman's data [(1916(5)].

It is precisely by the prevalent influence of one or the other of the two dominant areas that, in cases when lateral wounds are made in the body of *L. variegatus*, the nature of the regenerate is determined. At the same time, if several segments are taken from the middle part of the worm, these segments regenerate a head at their anterior end, while at the posterior end a tail is produced. In other words, the normal polarity persists in this case.

The experiments here described, aiming at a reversion of polarity in *L. variegatus*, were undertaken with the view of establishing the influence of the dominant areas on the formation of the regenerate and the retaining of normal polarity.

The metod of the experiments was as follows: a small section of the nerve cord, together with the surrounding tissues, was excised from the body of the worm. In about from 8 to 15% of the worms operated on, a lateral regenerate arose in the locality of the wound. It consisted either of a head or a tail according to the region where the wound was made.

Fig. 1, showing a case in which a lateral head regenerate was produced, may serve as illustration.

The formation of a lateral regenerate is much slower than normally; frequently by the 5th or 6th day after the operation only a regenerative bud is produced.

After the lateral regenerate had been fully formed (by the 12—15th day subsequent to the making of the wound), the following operation was carried out: if the lateral regenerate consisted of a head, all segments lying behind the regenerate (Fig. 1; *a—b* is the line of severance) were removed. Next the old head together with several segments of the trunk (Fig. 1; *c—d* is the line of severance) was amputated. The portion of the worm remaining consisted of several trunk segments and a head regenerate at its posterior end (Fig. 2).

In the case when a tail regenerate appeared, the anterior segments were removed, but such experiments were fewer in number and they will not be further discussed.

The number of trunk segments varied, according to the experiment, from 47 to 3, and different results were correspondingly obtained.

In the case of the influence of the dominant area being sufficiently effective, the head, located posteriorly (Fig. 2), should modify the polarity of the trunk segments and cause the formation of a tail regenerate at the anterior end. In 5 of the 22 experiments made, reversion of polarity was achieved. One of these 5 cases is represented in Fig. 3.

In the cases when a reversion of polarity could not be obtained a head arose at the anterior end, while at the posterior end, together with the already existing head, a tail regenerate was formed (Fig. 4).

The records of three experiments—two with a positive result and one with a negative result—may serve as illustration.

Experiment No 3. *L. variegatus* operated on September 10th, 1936. Previous to the operation the worm consisted of 17 trunk segments, 7 heads and a tail regenerate at the posterior end. On the 8th segment, counting from the head, a lateral regenerate of a tail was formed. On September 20th the head was amputated together with 8 contiguous trunk segments; after this operation amputation of the tail regenerate at the posterior end of the body was performed. On September 25th a head was formed near the tail regenerate while at the posterior end a new tail arose where the old one had been. The result of this experiment was negative—a reversion of polarity was not achieved.

Experiment No 4. *L. variegatus* operated on September 13th, 1936. The entire worm consisted of 23 trunk segments, 7 head segments and a large tail regenerate at the posterior end. On the 10th segment counting from the tail a lateral head regenerate was formed. On September 22nd the 10 posterior segments were removed and subsequently amputation of the old head also was performed. After the operation the worm consisted of 13 trunk segments and a head regenerate at the posterior end. On the 4th of October at the anterior end, at the place of the head which had been removed, a tail was produced.

At the posterior end near the head regenerate a second head was formed (Fig. 5). In this experiment positive results were obtained—the polarity proving to be reversed.

Experiment No 31. *L. variegatus*, operated on October 20th, 1936. The entire worm consisted of 89 trunk segments and 7 head segments. The lateral head regenerate appeared on the 55th segment, counting from the tail. On November 5th, 55 posterior segments were removed, as well as the old head together with 30.5 segments of the trunk. There remained the head regenerate at the posterior end and 3.5 trunk segments.

Four days later a regenerate appeared at the anterior end; this regenerate proved to be a tail (Fig. 3). In this case instead of a head a tail was formed; in other words, a reversion of polarity was obtained.

It is to be inferred that one of the prime conditions necessary for a reversion of polarity is a small number of trunk segments.

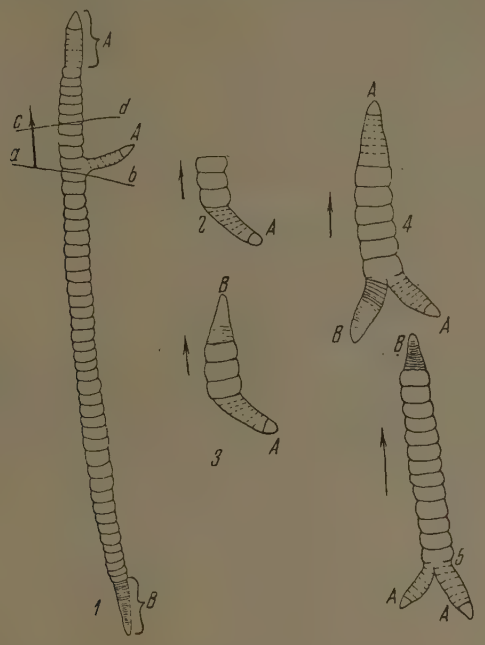


Fig. 1. Diagram of the experiment. *A*—head; *B*—tail. Lines *a*—*b* and *c*—*d* indicate the planes in which amputation was performed. The arrow shows the direction of normal polarity.

Fig. 2. Three trunk segments with a head regenerate at the posterior end (after amputation of the anterior and posterior segments).

Fig. 3. Results of Experiment № 31. Polarity reversed.

Fig. 4. Result of an experiment in which reversion of polarity was not achieved.

Fig. 5. At the posterior end a second head was formed and a reversion of polarity occurred.

In the table below the results of all the experiments carried out are given.

Number of trunk segments	Number of experiments	Number of successful experiments
50—11	9	1
10—5	8	1
4—3	5	3

The table shows that the largest per cent of successful experiments is to be found when reversion of polarity is attempted on 3—4 segments. Of the five successful experiments, four were carried out with a lateral head regenerate and only one with a tail regenerate.

Moreover, in two cases, subsequent to the operation, a complete absence of a regenerative process at the anterior end was observed, although the experiment lasted from 15 to 20 days, while in a number of cases an abortive regeneration took place.

Thus, by altering artificially the location of the dominant area (head or tail) it is possible to modify in a certain percentage of cases the polarity of the trunk segments, but the number of such segments must not be greater than from 3 to 5. This conclusion agrees with the data reported by Carpie [1934(6)], who obtained a reversion of polarity in *L. variegatus* by grafting small pieces of the worm (3—4 segments) on to the head, and also with the findings of Müller [1908(7)], Morgulis [1911(8)], by whom evidence was obtained that in the regeneration of small pieces consisting of 1.2 to 2 segments heteromorphoses and abortive formations frequently occur.

Department of General Morphology.
Institute of Experimental Medicine.
Leningrad.

Received
4. VII. 1937.

REFERENCES

[1] K. Haffner, ZS. f. wiss. Zool., **132** (1928). [2] K. Haffner, Arch. Entw. Mech., **123** (1930). [3] A. Colley, ZS. f. wiss. Zool., **138** (1931). [4] Л. Н. Жинкин, Арх. анат. инст. и эмбриол., XIV (1935). [5] Z. Hyman, Journ. of experiment. Zool., **29** (1916). [6] A. Carpie, ZS. f. wiss. Zool., **145** (1934). [7] Müller Arch. Entw. Mech., **26** (1908). [8] S. Morgulis, Arch. Entw. Mech., **31** (1911).

Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS
1937. Volume XVI, № 6

PALÄONTOLOGIE

NEUE FUNDE DER SPÄTPLEISTOZÄNEN FAUNA IN NORDKAUKASIEN

Von VERA GROMOVA

(Vorgelegt von S. A. Zernov, Mitglied der Akademie, d. 22. VI. 1937)

Im Sommer 1936 wurden durch V. Gorodzow von neuem Ausgrabungen an der paläolithischen Stätte in der Nähe der Siedelung Ilskaja, zwischen Noworossijsk und Krassnodar, unternommen, von welcher die Verfasserin vor einigen Jahren schon die Säugetierfauna beschrieben hatte*. V. Gorodzow rechnet diese Stätte zur Solutréen-Kultur, während S. Samjatnin und andere sie zum Moustérien rechnen, also in eine bedeutend frühere Zeit verlegen.

Neue Sammlungen ergaben einen folgenden Bestand:

	Anzahl der Knochen	Minimale Tiere absolut	Anzahl der Tiere in %
Elephas primigenius Blum	15	2	8.5
Bison priscus Boj	332	13	55
Cervus (Megaceros) euryceros Al. . .	25	2	8.5
Cervus elaphus L.	4	1	4
Saiga tatarica L.	3	1	4
Equus caballus var?	2	1	4
Equus (Asinus) sp?	2	1	4
Ursus spelaeus Ros.	1	1	4
Hyaena spelaea Goldf.	6	1	4
Canis sp. *lupus* L.	1	1	1

Diese Zusammensetzung stimmt im allgemeinen mit der der früheren Funde überein. Einen gewissen Unterschied stellt das Vorhandensein der S a i g a - A n t i l o p e dar, deren Fehlen in früheren Sammlungen für uns schwer zu erklären war; jetzt haben wir u. a. einen vollständig erhaltenen Hornzapfen, so dass die Richtigkeit der Bestimmung ausser Zweifel steht. Ferner haben wir jetzt mehr Überreste von R i e s e n h i r s c h als früher; freilich gehören sie, wie es scheint, nur zwei Individuen an. Darunter ist ein vollständiger Hals mit dem Hinterhauptteil des Schädels in natürlicher Lage und die Stirngegend eines Schädels mit zwei Rosenstöcken gefunden worden; das Geweih war zur Zeit des Todes des Tieres abgeworfen. Mit noch

* Travaux de l'Inst. zool. de l'Acad. des Sci. de l'URSS, 1932, t. I.

mehr grösser Sicherheit als früher dürfen wir jetzt alle Überreste des Rindes dem Wisent und nicht dem Ur zuschreiben, da sich darunter mehr als zehn Fragmente der für dieses Tier charakteristischen Hornzapfen befinden. Das Mammut stellt wie bereits früher einen echten *Elephas primigenius* dar, da seine Zahnlamellen dünn und dicht sind: auf 10 cm Länge der Zahnkrone am M_1 kommen 8.5 Lamellen, am M_3 (Fragment)—9. Das Wildschwein, welches in den früheren Funden vorhanden war, fehlt jetzt ersichtlich nur zufälligerweise.

Im allgemeinen ergeben die neuen Sammlungen wieder eine Fauna, welche der uns in den letzten Jahren bekannt gewordenen sogenannten chosarischen Fauna sehr nahesteht. Besondere Züge dieser Ähnlichkeit sind das Vorwiegen des Wisents und die Anwesenheit des Riesenhirsches, des Edelhirsches, der Saiga-Antilope und eines kleinen Esels. Alle diese Tiere fehlen gänzlich oder beinahe gänzlich (Wisent) in den paläolitischen Stätten Osteuropas, welche nördlicher gelegen sind und wo mehr kälteliebende Tiere (*Rangifer tarandus*, *Vulpes lagopus*, *Ovibos*) vorherrschen, welche in Ilskaja fehlen.

Die chosarische Fauna, deren Existenz früher in die Riss-Wurm-Zwischenzeit verlegt wurde, wird in neuster Zeit von der Mehrzahl der russischen Geologen als eine zum Mindel-Riss-Interglazial gehörige Fauna angesehen; sie sollte also die russische Ebene vor der grossen Vereisung besiedelt haben. Dementsprechend hat auch die Datierung der paläolitischen Kulturen eine Veränderung erlitten: das Moustérien lässt man jetzt mit der Rissvereisung zeitlich zusammenfallen, das Solutréen und Aurignacien mit dem Riss-Wurm-Interglazial, und das Magdalénien—mit der Wurmvereisung*.

Somit ist die Frühriss-Fauna der Siedelung Ilskaja eine nach Süden verdrängte und verarmte (Elasmotherium und Camelus sind ausgestorben) chosarische Fauna der Mindel-Riss-Zeit. Eine ähnliche Fauna existierte auch im Paläolithicum der Krim (Wisent, Riesenhirsch, Edelhirsch, Saiga, Esel), wohin aber auch arktische Elemente vordringen (Renntier, Polarfuchs), welche in nördlicheren Gegenden vorherrschen. Das Mammut und das Pferd finden sich in allen Breiten.

Zoologisches Institut.
Akademie der Wissenschaften
der UdSSR. Leningrad.

Eingegangen
d. 22. VI. 1937.

* Über die neuen geologischen und archäologischen Datierungen siehe in den Artikeln verschiedener Autoren in «Материалы по четвертичному периоду СССР» (Material zu den Vorträgen der Sowjet-Delegation auf der III. Konferenz der Internationalen Assoziation für Quartärforschung, Leningrad 1936) und in «Труды комиссии Академии наук по изучению четверт. периода», т. IV, вып. 2, 1935.

PRIX D'ABONNEMENT

Un an — 36 livraisons . . . . . $ 15
Six mois — 18 livraisons . . . $ 7.50
(Séparément $ 0.50 le numéro)
«Nouvelle Série» pour 1933 — 6 livraisons . . . $ 2
«Nouvelle Série» pour 1934 — l'année complète épuisée; volume III (9 livraisons) et volume IV (9 livraisons) en vente à $ 3 le volume.

URSS — Mezhdunarodnaja Kniga, 18, Kuznetskij Most, Moscou (Compte courant n° 253 Banque d'Etat de l'URSS, 12, Neglinnaja, Moscou).
NORTH and SOUTH AMERICA — BOOKNIGA CORPORATION. 255 Fifth Avenue. New York, N. Y.
GREAT BRITAIN — W. H. SMITH & son, Ltd. Strand House, Porfugal St London, W. C. 2.
FRANCE — MESSAGERIES HACHETTE. Service Abonnements. 111, Rue Réaumur. Paris, 2e.
SUISSE — Administration du Journal „LE TRAVAIL". 39, Rue de Lausanne. Genève.
ROUMANIE — Deposit de Ziare Luvru. Calea Victoriei 30. Bucarest.
Č. S. R. — MELANTRICH, Akc. Spol. Knihkupectvi — odd. slovanskych knih. Vaclavské nam 42. Praha II. (Ucet post. spor. 20. 208).
BELGIQUE — LIBRAIRIE A.U.S. 38, Vieille Halle-aux-Blés. Bruxelles (C. C. P. 1861. 15 P. Driessen).
CHINA — AMERICAN BOOK & SUPPLY Co 841 Bubbling Well Road. P. O. Box 1798. Shanghai.
HOLLAND — J. GINSBERG. University Bookseller. Kort Rapenburg, 17. Leiden
LIETUVA — „MOKSLAS". Knygynas. Laisves Aleja, 46. Kaunas.
TURQUIE — LIBRAIRIE HACHETTE. Succursale de Turquie. 469, Avenue de l'Indépendance. Boite Postale Pera 2219. Istanbul.
POLSKA — GEBETHNER & WOLFF. Filja I. Krakowskie Przedm. 15. Warszawa.
ROSSICA. Chmielna 5. Warszawa.
KSIEGARNIA GIRSZOWSKIEGO. Zamkowa 13. Wilno.
PALESTINE — SAFRAN Co. Jaffa Rd. 36. P. O. B. 223. Haifa.
BULGARIA — T. F. TSCHIPEFF. Buchhandlung. Boulevard Dondoukoff 20/22 Sofia. (Postscheckkonto-Sofia 540).
SVERIGE — C. E. FRITZE'S Kgl, Hofbuchhandlung. Fredsgatan, 2 Stockholm.
LATVIJA — A./S. VALTERS un RAPA. Teatra iela Nr. 11. Riga (Pasta tek. rek Nr. 675)
NORGE — JOHAN GRUNDT TANUM. Tidligere Aschehougs Boghandel. Karl Johans gt. 43. Oslo.

Les «Comptes Rendus», largement expédiés à l'étranger dans les centres scientifiques les plus importants et dans les bureaux de nombreuses revues, sont le seul organe scientifique en URSS, donnant tous les dix jours un compte rendu des plus récentes données de la science soviétique.

Prix — $ 0.50